天文爱好者丛书

神奇宇宙探秘

——宇宙大爆炸和恒星的生与死

刘学富　李志安　编著



地震出版社

天文爱好者丛书

神奇宇宙探秘

——宇宙大爆炸和恒星的生与死

刘学富　李志安　编著

地震出版社

图书在版编目（CIP）数据

神奇宇宙探秘：宇宙大爆炸和恒星的生与死/刘学富，李志安编著．－北京：地震出版社，2001.1
（天文爱好者丛书）
ISBN 7－5028－1576－7

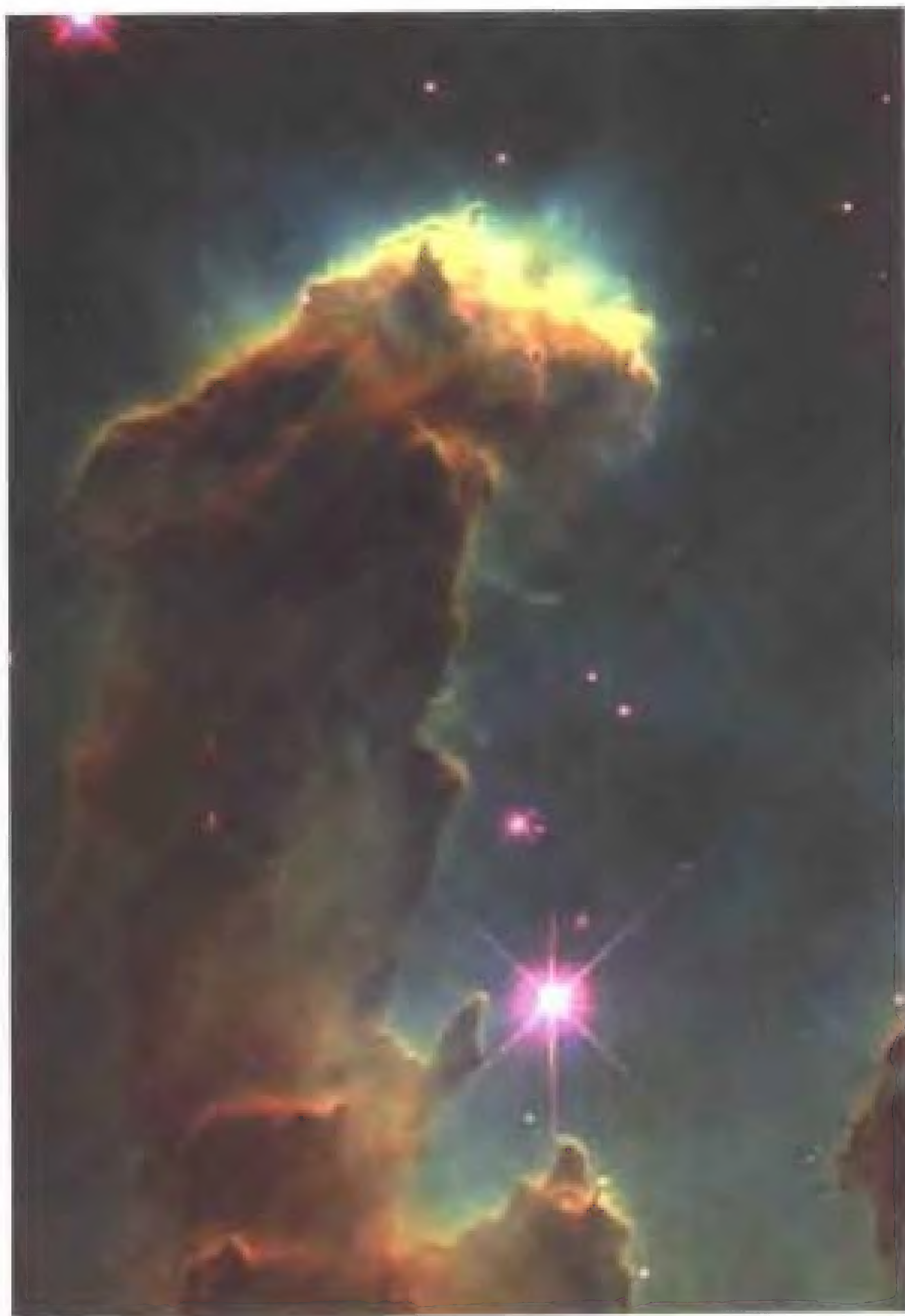
Ⅰ．神…　Ⅱ．①刘…　②李…　Ⅲ．天文观测－普及读物
Ⅳ．P12－49

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第17878号

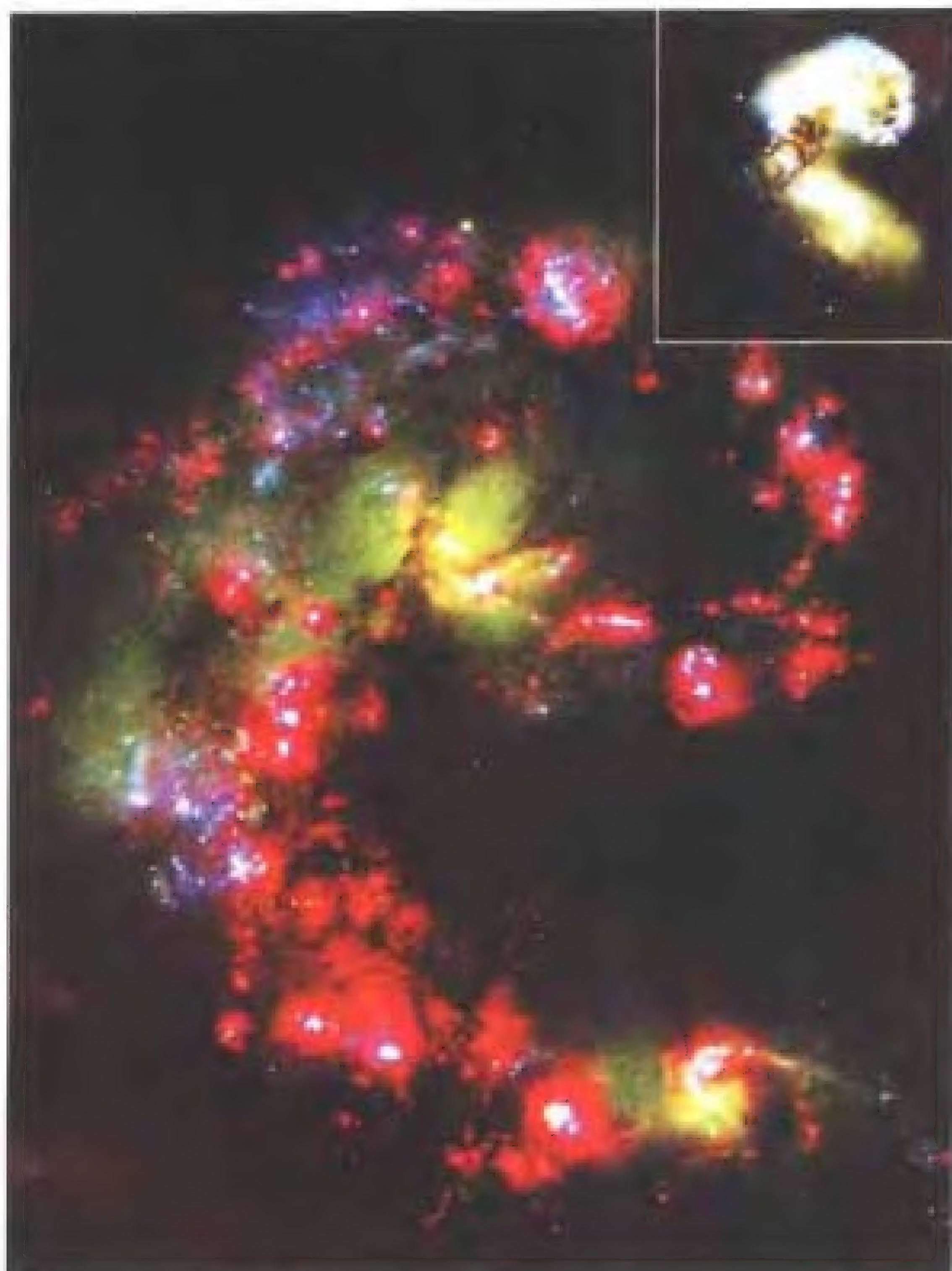
天文爱好者丛书
神奇宇宙探秘
——宇宙大爆炸和恒星的生与死
刘学富　李志安　编著
责任编辑：陈非比　　责任校对：张晓梅

出版发行：地震出版社
北京民族学院南路9号　　邮编：100081
发行部：68423031　68467993　　传真：68423031
门市部：68467991　　传真：68467972
总编室：68462709　68423029　　传真：68467972
E-mail：seis@ht.rol.cn.net
经销：全国各地新华书店
印刷：北京丰华印刷厂

版(印)次：2001年1月第一版　2001年1月第一次印刷
开本：850×1168　1/32
字数：165千字
印张：6.125
印数：0001～5000
书号：ISBN 7-5028-1576-7/P·963　(2019)
定价：12.50元



M16星系中的柱状结构及其顶部的恒星形成区



NGC4038和NGC4039两星系碰撞的精彩图像

总　序

神奇宇宙——人类科学探秘的永恒主题

浩瀚无垠的宇宙魅力无穷，人类自诞生以来一直为揭开其奥秘不断探索，执着追求，在溯源探新的征途中施展自己的才能，发展着人类的文明。伟大的波兰天文学家哥白尼有一句名言："人类的天职是勇于探索。"正是人类一代接一代不屈探索的壮举和辛勤观测的发现，谱写了源远流长的天文学史。如今，人类的思想和行动早已飞出了地球和太阳系，正迈着时代巨人的步伐向宇宙更深的层次进军，使天文学成为生机勃勃、充满活力的崭新科学。

天文学的诞生和发展是与人类社会的需求和科学技术的进步分不开的。远在原始农业发展时期，当人们发现季节变化与天文现象有关而开始有意识地观测天象时，天文学就产生了。人们通过观察天

体的运动、月亮的盈亏等认识星空，编制历法，有力地促进了生产的发展。

在度过了漫长的肉眼观星的时代后，1609年，伟大的意大利天文学家伽利略首先把望远镜指向天空，他观察到月面细节，木星的卫星和太阳黑子等，大大地扩展了人们的眼界。19世纪中叶，随着照相技术、分光学和光度学应用于天文观测之中，诞生了天体物理学，人们通过使用各类天体光谱仪、光度计等可以观测研究天体的物理特征、化学组成等，使天文学产生了新的飞跃。

20世纪初，诞生了射电天文学，观测波段已由光学扩展到射电波段。60年代著名的四大发现——类星体、脉冲星、星际分子和微波背景辐射都是由射电观测发现的。50年代中期，随着星际航行时代的到来，空间天文学如异军突起，如今，人类登月的梦想已经实现，由地球的使者空间探测器发射的登陆舱，已光临金星、火星大陆；宇宙飞船、空间探测器频频升空，不仅飞临月球、太阳、大行星等进行考察，而且已飞往太阳系以外的宇宙深处；哈勃空间望远镜正在空间运行，宇宙背景辐射探测卫星、伦琴X射线天文卫星和康普顿γ射线卫星等，已有大量新的发现；探索宇宙奥秘的广阔前景正展现在我们面前。

探索宇宙的奥秘，这是一个人类科学探秘的必然主题，因为人类乃至它居住的地球，都是宇宙的

臣民，它的生存发展离不开宇宙间的日月星辰；探索宇宙的奥秘，这也是一个人类科学探秘的永恒主题，因为宇宙无限，时空无际，人类对它的探索未有穷期；探索宇宙的奥秘，这更是一个充满艰辛的课题，因为人类在浩瀚的宇宙中是那么渺小。然而，探索宇宙的奥秘，这又是一个魅力无穷的课题，它为一切勇于追求科学真理的人们，创造了一个施展才华、建功立业的无比广阔的天地。随着新世纪的到来，在以探索宇宙奥秘为己任的天文学这片人类辛勤耕耘、古老而年轻的沃土上，必将绽放出更加绚丽的花朵，结出更加丰硕的果实。

在这世纪之交的伟大时代，我们欣喜地看到，年轻的天文学家正一批批成长，广大的天文爱好者队伍在不断扩大，青少年业余天文活动小组和天文观测站如雨后春笋应运而生。一代年轻的天文学家们，一定能在21世纪大展宏图，再创我国天文学的辉煌。

为了帮助广大天文爱好者特别是青少年学习天文知识，了解宇宙奥秘，开展天文观测活动，我们编写了这套丛书。本丛书以注重科学系统，跟踪天文热点，荟萃最新知识，指导天文活动为创作宗旨，按照学科特点由近及远系统地介绍了地球、太阳系、银河系、河外星系的历史、现状与未来，讨论了人们最关心的热点问题；既揭示了宇宙空间的种种奥秘，又突出了它们与地球及人类生存的密切

关系；既讲述了有关的理论知识，又介绍了观测天文现象的具体方法；力求做到知识新颖，内容系统，通俗易懂，集科学性、实践性、趣味性于一身。

愿广大天文爱好者，特别是青少年朋友们能够喜欢这套丛书，但愿此书能在你们学习天文知识、开展天文活动方面，起到“雪中送炭”的作用，引导你们步入天文科学的殿堂。

刘学富　李志安

前　言

浩瀚的宇宙蕴藏着无穷的奥秘，吸引着无数的科学志士为之求索探秘。千百年来，人们为了认识和探索宇宙的奥秘，进行了不懈的努力，一代又一代的探索者，不断向着宇宙的深度和广度进军。

现代，以哈勃空间望远镜为代表的空间观测与地面大望远镜联合探测，以及从可见光拓展到全波段的全方位观测，使人们的视野可以延伸到200亿光年的遥远深空，新的探测不断传来新发现的佳音。新的观测事实不断翻新着人们的认识，向传统理论发起一次次冲击和挑战。宇宙暗物质的发现，宇宙背景辐射的存在，来自遥远深空的高能天象，宇宙“气泡结构”和“宇宙长城”的壮观图像，无不使神奇的宇宙更加色彩斑斓，更加魅力无穷。

《神奇宇宙探秘》是作者继《太阳系新探》、《我爱天文观测》之后奉献给天文爱好者朋友们的又一本新书，它将带你走进神奇的宇宙。本书将向你展示绚丽多彩的恒星世界，让你认识和熟悉“性格”各异的各类天体：变幻莫测的神奇变星，亲密无间、成双结对的双星，致密的白矮星、中子星以

及能吞噬万物的黑洞。本书还将向你展现宇宙的过去、现在和未来，让你欣赏我们美丽的银河系和那多姿多彩的河外星系，浩大的星系团、超星系团；向你揭示宇宙大爆炸的秘密，宇宙的演化过程，以及宇宙未来的命运。

为了把最新的观测研究成果介绍给朋友们，我们尽可能多地从因特网上获取信息，把哈勃空间望远镜等现代观测手段探测到的精彩图像呈现给大家。

宇宙浩瀚，奥秘无穷，然而我们的知识浅薄，认识有限，许多问题还有待 21 世纪的科学家们和有志于探索宇宙并能抓住机遇的人来揭示。人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动，只有那不畏艰险，努力攀登的人，才有可能到达光辉的巅峰。

愿我们的读者是将来能到达科学高峰的有志之士。如果本书对朋友们在探索的征途上能起到启蒙的作用，作者将倍感欣慰。

在这里，祝朋友们成为 21 世纪探索宇宙的新秀！

提　　要

你想了解绚丽多彩的恒星世界吗？你想知道形形色色的天体：变星、双星、白矮星、中子星、黑洞……各自的特性吗？你想进一步认识美丽的银河系和多姿多彩的河外星系吗？你想知道宇宙大爆炸是怎么回事，宇宙的过去、现在和未来怎样吗？本书将带你走进神奇的宇宙，向你展示当代宇宙探秘中获得的最新成果，让你领略茫茫宇宙的无穷魅力，为你解开一个个谜团，引你走上寻求宇宙奥秘的探索之路。

目　录

一 绚丽多彩的恒星世界

夜幕降临，点点繁星闪烁晶莹，宛如镶嵌在天穹上的明珠。群星之中绝大多数是像太阳一样自身能发光的炽热气体星球——恒星。在恒星世界里，有光度稳定的正常恒星，从光度高、体积大的蓝超巨星到光度低、体积小、致密的白矮星，也有光度变幻无常的变星和突然闪亮的超新星；有密度不大的超巨星，也有超高密度的中子星和能吞噬万物的黑洞。真是群星争辉，五彩纷呈。让我们走进这魅力无穷的恒星世界，去认识和了解它们的物理特性和运动特征。

狮子座、室女座、天秤座、巨蟹座、人马座、摩羯座、宝瓶座。

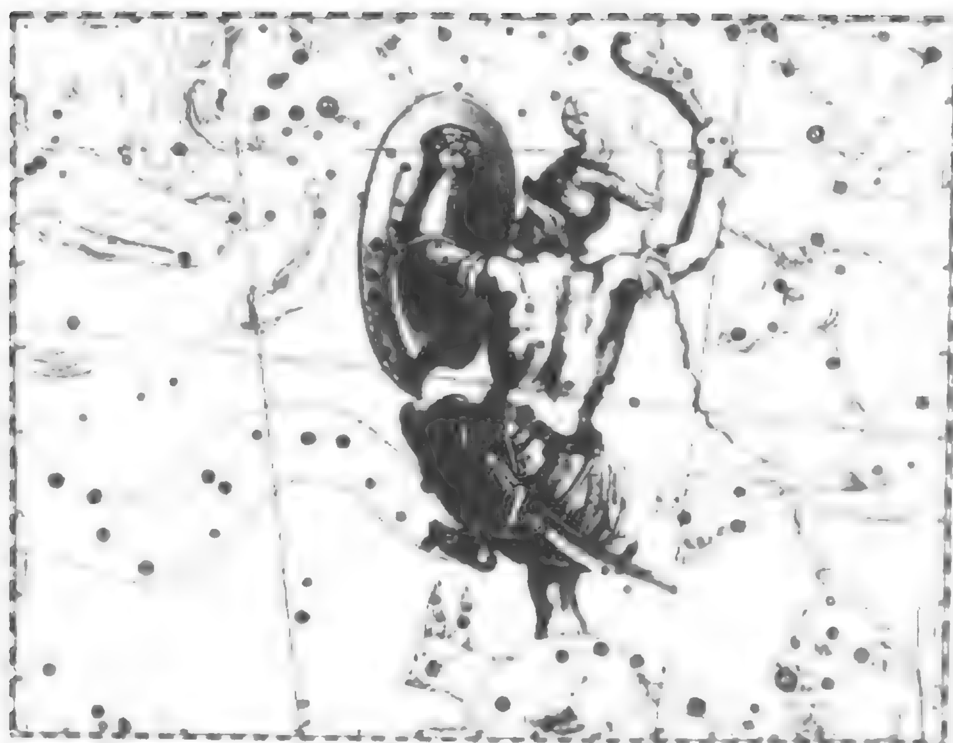


图 1.2 猎户座及其周围的星座

人们给较亮的恒星起了名字，并按照恒星的位置（天球坐标）、亮度（星等）和颜色（光谱型）等参量，编成了各种星图、星表，便于人们对恒星及各类天体的研究。

随着人类观测手段的进步，人们对恒星的认识不断加深。当代，人们早已越过了肉眼观星的时代，使用各种仪器“看”到了恒星发出的全波段的电磁辐射，从 γ 射线、X 射线、远紫外、紫外、可见光、红光、微波，一直到射电辐射。恒星除了发射电磁辐射外，还发射高能粒子辐射。从恒星传来的这些信息，述说着恒星的物理特性（大小、温度、压力等）、年龄和来历等。不同类型的恒星都各具特色，显示着自己的结构和演化的踪迹。形形色色的恒星，是科学家的“超级实验室”，也是天上的“核电站”，是人们渴望以求的浩大天外能源。当代，人类已进入了全

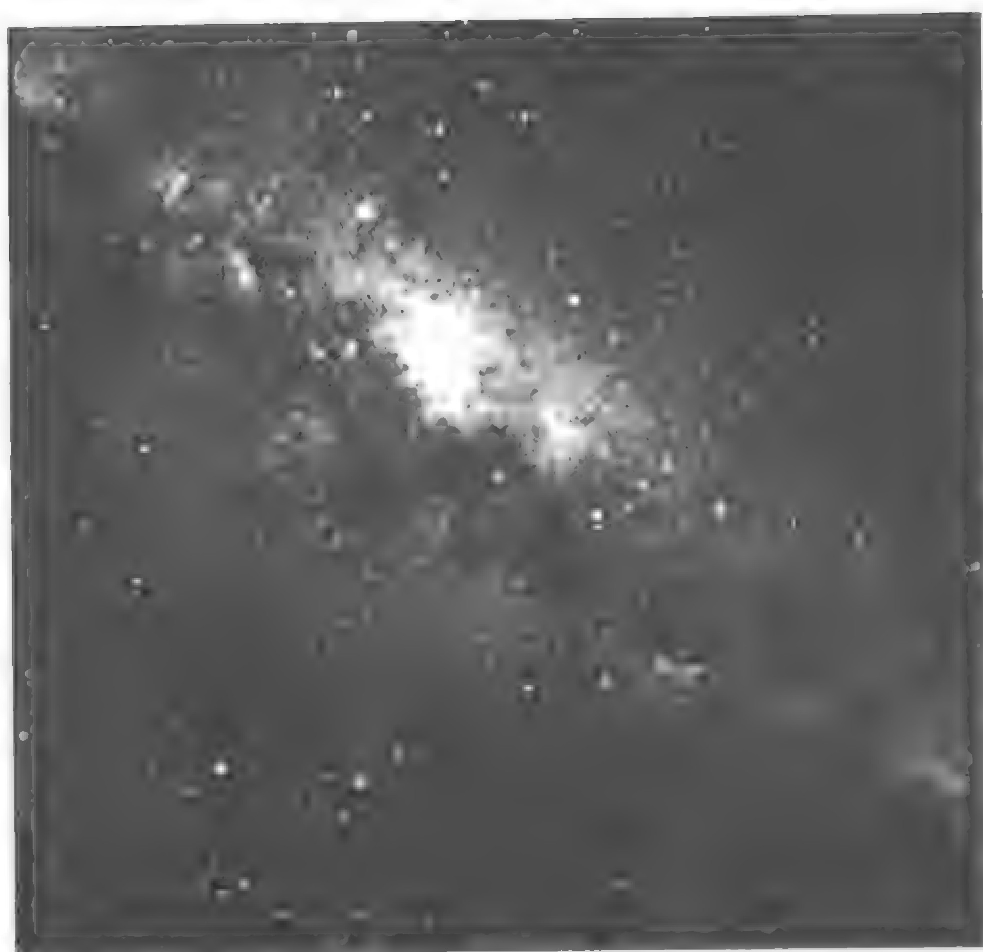


图 1.1　星海茫茫——在银河系里大约有
1500 亿～3000 亿颗恒星

等等。

人们根据一群星构成的图形加上想象，把恒星划分成许多星座（图 1.2）。例如，希腊人把牛郎星及其周围的星想象成一只矫健的天鹰，把织女星及其周围的星想象成一架巨大的天琴，天鹰座、天琴座由此得名。中国古代把恒星天空划分成三垣二十八宿，“垣”是墙的意思，“宿”是住址的意思。1928 年，国际天文学联合会（IAU）决定，将全天划分为 88 个星座，其中沿黄道天区的有 12 个星座，因为太阳的视运动经过他们，所以也叫黄道 12 宫。它们是双鱼座、白羊座、金牛座、双子座、巨蟹座、

狮子座、室女座、天秤座、巨蟹座、人马座、摩羯座、宝瓶座。

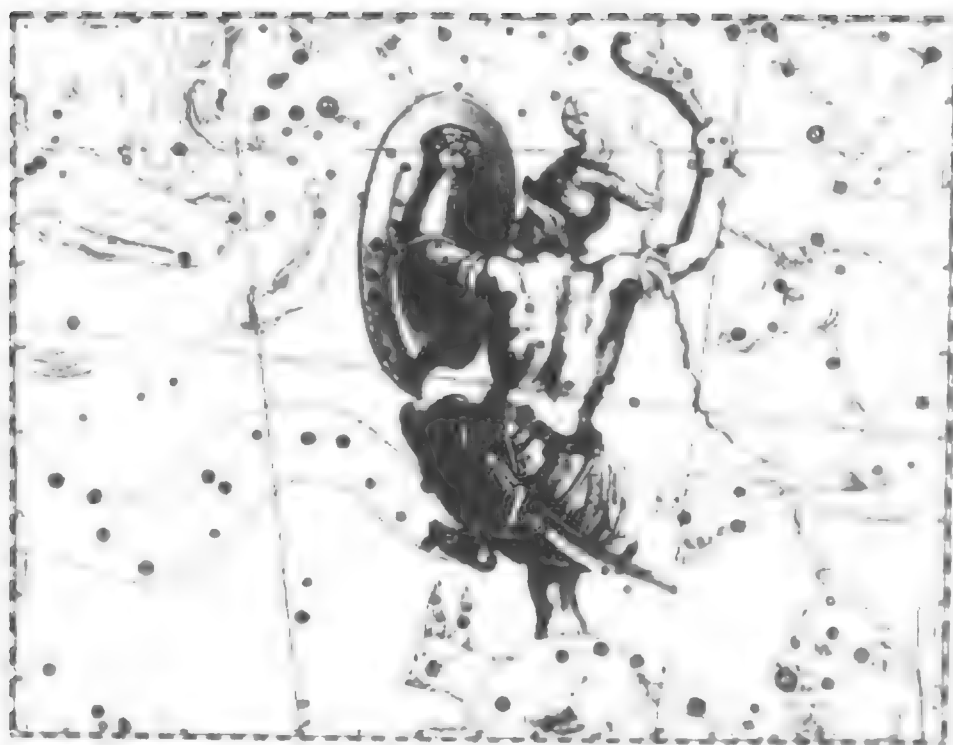


图 1.2 猎户座及其周围的星座

人们给较亮的恒星起了名字，并按照恒星的位置（天球坐标）、亮度（星等）和颜色（光谱型）等参量，编成了各种星图、星表，便于人们对恒星及各类天体的研究。

随着人类观测手段的进步，人们对恒星的认识不断加深。当代，人们早已越过了肉眼观星的时代，使用各种仪器“看”到了恒星发出的全波段的电磁辐射，从 γ 射线、X 射线、远紫外、紫外、可见光、红光、微波，一直到射电辐射。恒星除了发射电磁辐射外，还发射高能粒子辐射。从恒星传来的这些信息，述说着恒星的物理特性（大小、温度、压力等）、年龄和来历等。不同类型的恒星都各具特色，显示着自己的结构和演化的踪迹。形形色色的恒星，是科学家的“超级实验室”，也是天上的“核电站”，是人们渴望以求的浩大天外能源。当代，人类已进入了全

面研究恒星的新时代。

2. 恒星遥远——天文学家的“量天尺”

宇宙浩瀚，恒星遥远。为了量度恒星的距离必须先有尺子，那么面对浩瀚无垠的宇宙空间，天文学家手中的“量天尺”是什么呢？

天文单位（AU）　即日地平均距离，用 AU 表示，它是天文学家手中最小的“量天尺”。日地平均距离是如何测量出来的呢？利用雷达向金星发射雷达脉冲，并接受从金星反射回来的脉冲波，即可根据雷达波的走行时间计算出地球与金星的距离。如果当金星处在上合地球离金星最远时测一次，当金星处在下合地球离金星最近时再测一次，即可测得金星离地球最远与最近的距离，分别以 A 和 B 表示，则日地距离 $a=(A+B)/2$，见图 1.3。这样的测量在好几年内重复多次，就可以求出地球轨道平均半径，亦即日地平均距离 AU。

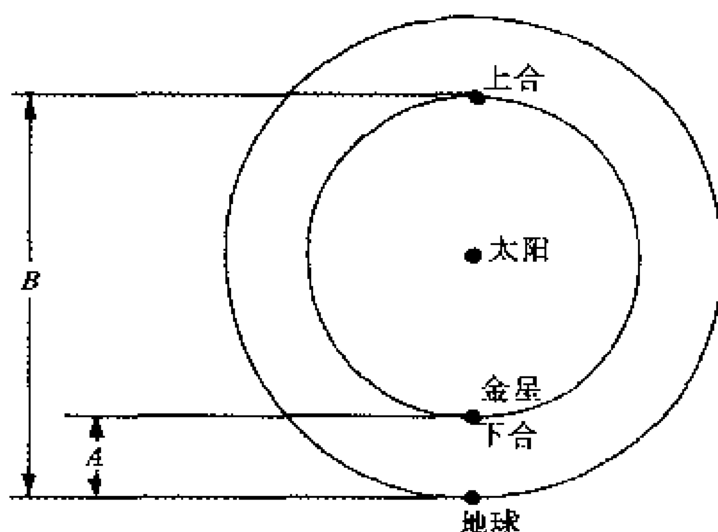


图 1.3　测定日地平均距离的原理

1976 年，国际天文学联合会的天文常数系统规定日地平均距离即一个天文单位，1AU = 149597892 千米，此数值已于 1984 年正式开始使用。

光年（ly）　天文学家手中的另一把“量天尺”是光年，即光在真空中一年内所走的距离。光的速度约为 30 万千米/秒，光一年传播的路程约为 9.46×10^{12} 千米。用这把尺子来量度，1AU≈0.000015813 光年，约等于光走 497 秒，即 8 分多钟的距离。也就是说，太阳光要走 8 分多钟才能到达地球。

除了太阳以外，离地球最近的恒星是半人马座比邻星，它离我们的距离是 4.3 光年，约是太阳与地球距离的 27.3 万倍！其他恒星都在十几光年之外。我们熟知的牛郎星离我们有 16.5 光年，织女星距我们 26.5 光年，它们之间相距约 16 光年。所以，如果它们要同时穿越银河到鹊桥相会，即使坐火箭以光速飞驰，也需要 8 年之后才能相会。明亮的大角星距离我们更远，约 36 光年；金牛座的毕宿五距离我们 68 光年，而天鹅座 α 星（大津四）距离我们约为 1600 光年，可见恒星离我们多么遥远。

秒差距（pc）　要量度遥远恒星的距离，光年这把尺子还是太小，于是天文学家借助于“视差”来量度距离。什么是视差呢？举个例子：举起你的右手，伸出一个手指，当你先闭起左眼用右眼看、然后再闭起右眼用左眼看时，两次看到手指相对其背景的位置不同，这个角度位移差就叫做视差。你还会发现，手指距离眼睛越近，视差越大。因此，视差的大小就可以用来量度距离的远近。

天文学家用于测量天体距离的三角视差法，正是利用了上述原理。从上面叙述我们已经知道，视差就是观测者在两个不同的位置看到同一物体的方向之差。地球在绕日公转的过程中，在不同时间处于轨道的不同位置，因此在不同时间观测天体在天球上的位置就有差异。原则上，对同一恒星，根据相隔半年的两次位

置的测定值，即可算出恒星的周年视差。

恒星的周年视差（用 π 来表示）是地球绕太阳周年运动所产生的视差,它的定义为:地球和太阳间的距离 a 在恒星处的张角 π(图 1.4)。

显然，周年视差 π 与太阳到恒星的距离 r 之间的关系为:

$$\sin\pi = a/r$$

式中, a 为日地平均距离(a = 1AU)。由于恒星的视差 π 一般都很小,故上式可以近似写为

$$\pi \approx a/r$$

式中，π 的单位为弧度，1 弧度 =206265″(角秒)。周年视差 π 常用角秒表示。

秒差距定义为：周年视差 π = 1″ 时的距离 r 的长度，以 pc 表示；换句话说，秒差距是指从恒星看日地平均距离 a 的张角为 1″时的距离（图 1.5)。

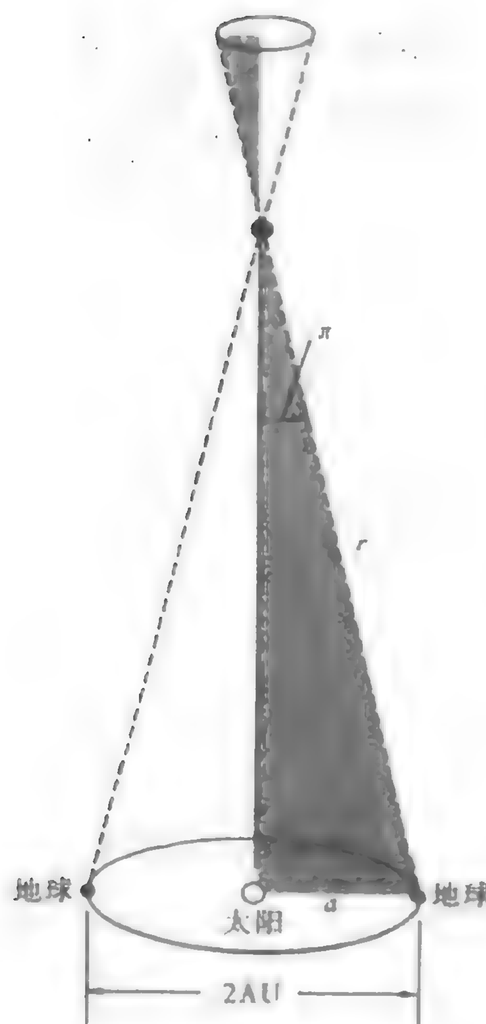


图 1.4　恒星的周年视差

三角视差的基本测量方法是，相隔半年分别拍摄两张待测恒星及背景星的照片或 CCD 图像（CCD 是一种电子耦合探测器），测量恒星的周年视差（角秒），再计算出恒星的距离（秒差距）。在实际观测中，为了减少误差，往往要经历几年时间，拍摄数十张照片或 CCD 图像进行

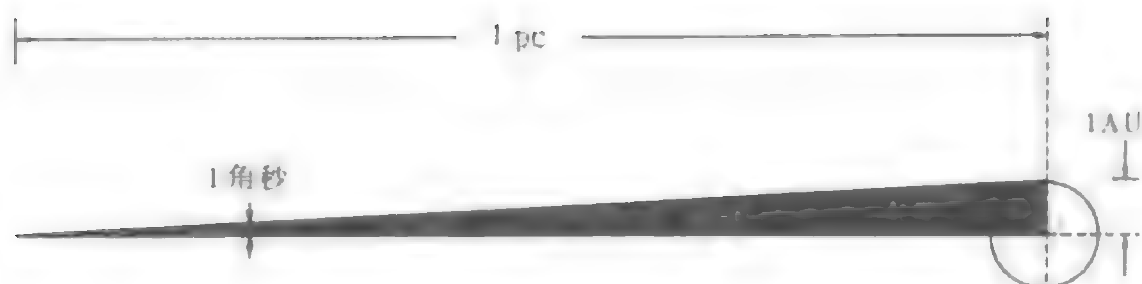


图 1.5　秒差距及其与 AU 的关系

研究归算。迄今，用三角视差方法测出距离的恒星约有 8000 多颗。

以上三把尺子的关系是：

$$1\text{AU} = 1.5813\times10^{-5}\text{ly} = 4.8481\times10^{-6}\text{pc}$$

$$1\text{ly} = 63240\ \text{AU} \approx 0.3066\text{pc}$$

$$1\text{pc} = 206265\ \text{AU} \approx 3.26\text{ly}$$

表 1.1 给出了宇宙空间几种有代表性的尺度用以上三种“量天尺”量度距离的结果，从中可以看出，恒星世界是多么辽阔，而相比之下我们的地球和太阳系真是渺小得很。

表 1.1　几种“量天尺”的比较

“量天尺”	地、月距离	日、地距离	日、冥距离	最近恒星	银河系的直径	最远星系
万千米(10^4km)	38.44	14960	591352	—	—	—
天文单位(AU)	0.00257	1	39.5	27.3 万	—	—
光年(ly)	—	1.58×10^{-5}	6.22×10^{-4}	4.3	85000	200 亿
秒差距(pc)	—	—	—	1.32	26074	61.35 亿

三角视差法是测定恒星距离的最基本的方法，但随着恒星距离的增大，视差法的测定精度逐渐降低。一般，远于 300 秒差距的天体，三角视差法就无法使用了。后来，天文学家陆续找到了

一些其他方法，可以测量更遥远的天体（后面还要讲到）。

3. 群星争辉——恒星的亮度与星等

夜空中的星星有明有暗，怎样来判断星星的亮度呢？

视星等（m） 我们所看到的恒星的亮度是它的视亮度。自古以来，天文学家就把星星的亮度分成等级，相应的星等是视星等（m）。在公元2世纪，古希腊天文学家喜帕恰斯曾把肉眼看到的几千颗星分成了6等：在晴朗无月夜最亮的为1等星，最暗的星为6等星。后来，赫歇尔发现，1等星约比6等星亮100倍。也就是说，星等每相差1等，其亮度约差2.512倍。于是普森用公式

$$m_1 - m_2 = -2.5\lg(E_1/E_2) \qquad (1.1)$$

将两个天体的星等 m_1、m_2 和它们的亮度 E_1、E_2 联系在一起。这个星等尺度的定义一直沿用至今。

建立了星等标度后，视星等的范围也向两端延伸了，比1等星亮的有0等星和负的星等，如太阳的视星等为 -26.7，织女星的视星等为 $+0.03$ 等（参见表1.3给出的一些亮星的视星等）。在城郊无月夜，一般人眼直接可见的最暗星等为 $+6$ 等，而用现代大望远镜和CCD探测器，可以探测到 $+23$ 等的天体。

恒星的光度（L） 恒星的视星等并不代表恒星真实的发光强弱，因为它们远近不同。为了比较天体真正的发光强弱，引入了天体光度的概念，它是指恒星每秒发出的总辐射能量。不同恒星光度的差别很大。例如，织女星的光度是太阳的48倍，参宿七的光度是太阳光度的2.3万倍，更有甚者，天津四的光度是太阳的6万倍！可看起来，它们都只是星光闪闪，哪能和光辉的太阳相比。正是由于它们比太阳遥远得多，所以看起来只发出微弱的星光。也有许多恒星光度比太阳暗得多。例如，半人马座比邻星，它的光度只有太阳的2.5万分之一，更暗的星光度只有太阳

的几十万分之一。

天文学家按照恒星的光度把恒星分为：最亮的超巨星（Ⅰa），亮的超巨星（Ⅰab），亮度较低的超巨星（Ⅰb），亮巨星（Ⅱ），巨星（Ⅲ），亚巨星（Ⅳ），矮星（Ⅴ），亚矮星（Ⅵ），白矮星（Ⅶ）。光度大、温度高、发出蓝色光芒的叫热巨星或蓝巨星；光度大、温度低、发出红色光的星叫冷巨星或红巨星。太阳是一颗普通的黄色矮星。

绝对星等（M）　为了比较恒星亮度的真实差异，天文学家规定在10秒差距的距离来比较恒星的亮度，即将恒星在10秒差距处的视星等定义为绝对星等（M）。

设恒星在 $r_0 = 10$ 秒差距处亮度为 E_0，在距离 r 秒差距处的亮度为 E，则根据天体的亮度与距离的平方成反比有如下关系：

$$E/E_0 = (r_0/r)^2$$

将此式两边取对数并代入式（1.1），经整理后可以得到视星等 m 与绝对星等 M 的重要关系：

$$M = m + 5 - 5\lg r \tag{1.2}$$

或写作

$$m - M = 5\lg r - 5 \tag{1.3}$$

式中，r 以秒差距 pc 为单位；$m - M$ 叫做距离模数。由此可以看出，已知天体的视星等可由天体的距离求出它的绝对星等；反之，也可以由天体的绝对星等求它的距离。

近年由美国航空航天局天文数据中心发行的CD光盘，列有9359颗星的周年视差数据，如果再由观测得到恒星的视星等 m，就可以计算出它的绝对星等。

天文学家常用太阳的光度作为量度恒星光度的单位。若以 $M_\odot$ 和 M 分别表示太阳与某恒星的绝对星等，$L_\odot$ 和 L 分别表示太阳与某恒星的光度，则该恒星与太阳的绝对星等之差为：

$$M - M_\odot = -2.5\lg(L/L_\odot)$$

令 $L_\odot = 1$，则有

$$\lg L = -0.4(M - M_{\odot})$$

确切地说，上述由恒星的光度 L 求出的绝对星等是绝对热星等；由目视观测所测得的辐射求出的绝对星等叫绝对目视星等；由照相测光求出的绝对星等叫绝对照相星等。

太阳的绝对目视星等 $M_{\odot}$ 为 $+4.83$ 等，如果知道了某恒星的绝对星等 M，即可由上式求出它的光度 L。

利用恒星光谱中某些谱线的强度比和绝对星等的线性经验关系，也可以由测定谱线强度求其绝对星等，这种方法叫分光视差法。

4. 恒星的表面温度、颜色和光谱分类

当你仔细观察星空时，一定会注意到恒星不仅亮、暗各异，而且颜色也不相同。例如，明亮的天狼星闪着白色的光芒，心宿二辉映出红色，参宿四为黄色，参宿五为蓝色。恒星的颜色反映了恒星表面色温度的高低，犹如正在燃烧的炉火一样，蓝颜色的火焰温度最高，其次是发白色的火焰，红色火焰温度较低。例如，红色的心宿二表面温度大约是 3000K；太阳是黄色的，表面温度约 5600K；白色的织女星表面温度约 10000K 左右。有些天体发射不可见的光，温度也可能很高，如致密的中子星发射大量的 X 射线，其表面温度高达 1500 万 K。

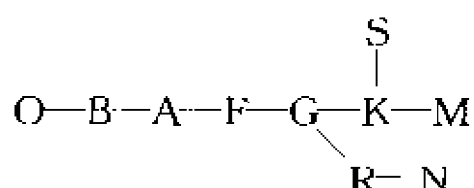
不同温度的恒星颜色不同，是因为温度越高，能量的峰值越趋向波长短（紫色）的位置，反之趋向波长长（红色）的位置。因此，当我们通过不同颜色的滤光片来观测同一天体时，得到的星等（亮度）就不同，因而这两个星等的差值就反映了温度的高低，天文学家称不同颜色的星等差为色指数。

1666 年，牛顿首次发现太阳光通过三棱镜可以分解出从紫到红的彩带，这就是光谱。后来人们知道，其他恒星也如此。

天文学家发现，正常恒星的光球光谱是在连续谱上叠加有吸

收线（暗线）或发射线（亮线），或吸收线和发射线兼而有之。不同类型恒星光谱的谱线数目、分布、形状和强度等均不同。恒星光谱存在谱线，最初是于1814年由德国物理学家夫琅和费在观测太阳光谱时发现的，约半个世纪后（1859年），德国化学家本生和物理学家基尔霍夫终于弄清，恒星光谱谱线形成的原理是：每一种化学元素在加热到白炽时都会产生自己特有的光谱；炽热的固体、液体和高压气体发出连续光谱，金属的蒸气和稀薄气体发出某些单独的明亮谱线（发射线），各条谱线对应不同波长的光；每种元素可以吸收它能够发射的光线，即当发射连续光谱的光穿过温度较低的气体时，低温气体原子会吸收它高温时所能发射的光线，从而在连续光谱的背景上相应波长处出现暗色的吸收线，即吸收的波长正好与该元素发出的亮线波长相同。

天体的光谱是本"无言的天书"，通过研究这些光谱特征，科学家可以推测出它们大气的化学成分及温度、自转、运动速度等特性。虽然不同恒星的光谱不完全相同，但仔细研究发现它们存在一定的规律性。1918年～1924年，哈佛大学天文台发表了对全天亮于8.5等星的恒星光谱的分类，称为哈佛分类，可表示如下：



每一个类型大致还可分为10个次型，用阿拉伯数字表示，如O1，G2等等。对于正常的恒星（非特殊星），从O型到M型，恒星的表面温度由高到低（见表1.2）。光谱型为O、A、B的恒星叫早型星，光谱型为F、G、K、M及分支S、R、N型的星称为晚型星。

哈佛分类的主要原则是依据恒星光谱中的一些谱线的强度之比。例如，对于O、B及A型星，主要按照光谱的电离和中性氦

线、氦线的强弱来分类；而对于 K 和 M 等晚型星，则主要看金属线和分子带的强弱程度。恒星光谱中的电离和中性金属线的强弱主要取决于温度，因此，哈佛分类序列是一个温度序列，即一元分类法。这里所说的温度是指恒星表面（光球层）的温度，恒星内部的温度不能直接观测，只能通过理论分析得到。

表 1.2　恒星的光谱型与其温度、颜色之间的关系

光谱型	恒星表面有效温度/K	恒星颜色	举　　例
O	40000～25000	蓝色	参宿一
B	25000～12000	蓝白色	角宿一
A	11500～7700	白色	牛郎星
F	7600～6100	黄白色	老人星
G	6000～5000	黄色	太阳
K	4900～3700	红橙色	大角星
M	3600～2600	红色	心宿二

5. 赫-罗图与恒星的 M K 分类

20 世纪初，丹麦天文学家赫茨普龙和美国天文学家罗素，分别研究了恒星的温度与它的光度（绝对星等）之间的关系。他们以光谱型（或表面温度）为横坐标，以恒星的绝对星等（或光度）为纵坐标作图，发现恒星在光谱-光度图中有一定的分布规律。此图对研究恒星的分类和演化起到了重要作用，人们称此图为赫-罗图（亦称 H-R 图），见图 1.6。

赫-罗图像恒星大家族的一幅“全家福”相片，使人们看到众多恒星分成了几个不同的群体，它们分布于赫-罗图上一定的范围。绝大多数恒星分布在从左上角到右下角的对角线附近的一个带区内，称为主星序，此序列中的星叫主序星，亦称矮星。我们观测到的恒星，有 90% 是主序星。太阳位于主序星的中部，

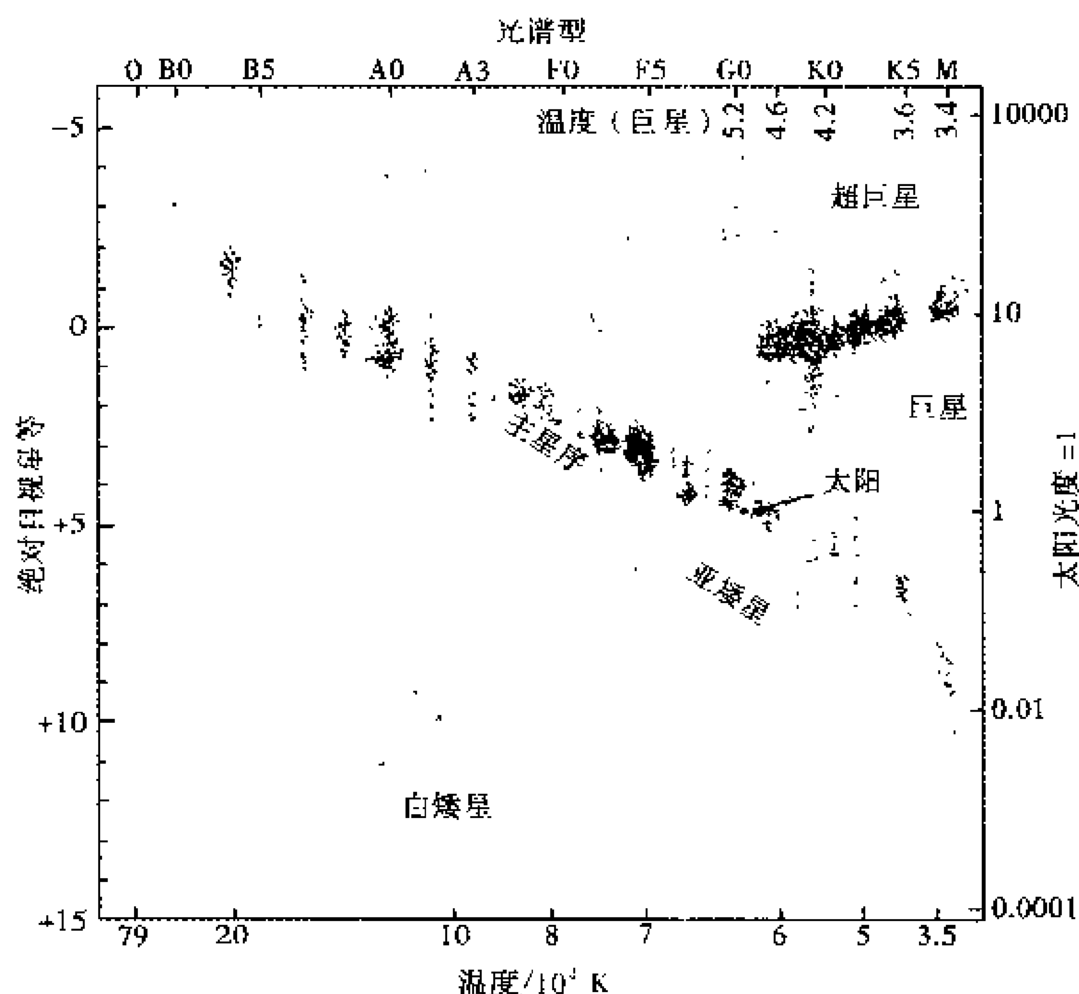


图 1.6　恒星的赫-罗图

光谱型为 G2，绝对星等为 +4.83 等。另有较多的恒星分布在主星序的右上方，称为超巨星和巨星，其中光谱型属于 K 型和 M 型、颜色发红的称为红巨星。这些星温度低而光度大，说明它们体积很大，“巨星”由此得名；有的超巨星体积相当于几万个太阳。位于赫-罗图左下角的一群称为白矮星，它们颜色发白，温度高而光度低，说明其体积小，大约与地球差不多，“白矮星”由此得名。

天文学家告诉我们，恒星的分类不仅要根据光谱型（反映恒星的温度），而且还应考虑恒星的光度型（反映恒星的压力、光

度情况，因为同一光谱型的恒星，有光度大的巨星、超巨星与光度小的矮星之分，它们光谱中的谱线的强、弱（即粗细）程度不同。

20世纪40年代，美国天文学家摩根和基南创立了MK分类，它是二元分类法，即以光谱型与光度型两个参量为标准对恒星进行分类。他们把恒星的光度分为七个等级，并用罗马数字Ⅰ～Ⅶ来表示。Ⅰa代表最亮的超巨星，Ⅰab表示亮超巨星，Ⅰb表示亮度较低的超巨星，Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ和Ⅶ分别表示亮巨星、巨星、亚巨星、主序星（矮星）、亚矮星和白矮星。由此可把光谱型与光度型结合起来描述一个恒星的光谱特性。例如，太阳为G2V，表示它是一个光谱型为G2、光度型为V的星，即一个黄色的主序星。

6. 恒星的体积有多大

恒星距离地球非常遥远，其视角直径非常小，眼睛直接观察或通过望远镜看到的恒星只是个亮点像，因而直接测恒星角直径很困难。但天文学家有办法通过间接的方法来测定恒星的大小。

月掩星是测定恒星角直径的“天赐良机”。这是因为，当恒星被月球边缘遮掩的瞬间，会产生星光的衍射图像。用快速光电光度计将衍射图样的变化记录下来，并与按照不同角直径光源被掩的理论衍射图样相对照，便可定出被掩食星的角直径。

现代，恒星半径的测定是利用光斑干涉的方法。此方法是利用大望远镜对恒星进行快速（如曝光时间短于1/100秒）的拍摄。由于地球近地面大气层的热不均匀性会产生大气湍流，这些大气湍流元的尺度平均在10厘米左右，寿命在0.1～0.001秒之间。当对恒星快速曝光时，大气各个湍流元可以看作是“冻结”的，它们如同许多小透镜，使恒星像成为一群斑点，因而得到的星像不是一个点像，而是由无数斑点组成的干涉图样。将获得的

恒星光斑干涉图像用计算机进行数学处理，就可以求出恒星的角半径，如果再知道它的距离，就可以求出恒星的半径。

利用恒星强度干涉仪也可测量较近恒星的半径。如架设在澳大利亚的恒星强度干涉仪，由两架口径各为6.5米的光学望远镜组成，它们之间的距离在188米内可调；各望远镜连接一个光电倍增管和光电光度计。将两个望远镜同时对准同一颗星，所接受到的星光信号强度是相关的，因此改变两架望远镜的距离就可以得到不同的恒星干涉图像，由此可以推算出恒星的角大小，若再知道恒星的距离，就可以测定出恒星的半径。

天文学家还利用恒星的半径（指恒星光球的半径）与恒星的光度、温度的关系来推算恒星的大小。设恒星的光度为 L，恒星表面的有效温度为 T_e，半径为 R，则有关系式

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

式中，σ 为玻尔兹曼-斯忒芬常数。通过上式即可由恒星的光度和有效温度求出其半径。

天文学家常以太阳半径 $R_\odot$ 为尺度来表示恒星的大小。在恒星大观园里，超巨星的个头最大，其半径可以达到几百至几千倍的太阳半径。例如参宿四（猎户座 α 星）的半径是太阳半径的370倍，心宿二（天蝎座 α）的半径是太阳半径的230倍。柱一（御夫座 ε）的半径是太阳半径的2000多倍，比土星的轨道半径还要长。也有许多恒星比太阳更小。例如，天狼星的主星，半径是太阳的2倍，可它的伴星却是一个半径只有太阳半径1/333的白矮星（参见表1.3）。最矮的“小个子”恒星要算是中子星了，它们的半径约为15千米左右，真是神奇的“小不点”星。

由此可见，恒星的大小差别很大，从15千米到2000 $R_\odot$，半径相差近1000万倍，体积则相差2万亿亿倍！真是天壤之别。不同大小的恒星在赫-罗图中的位置见图1.7。

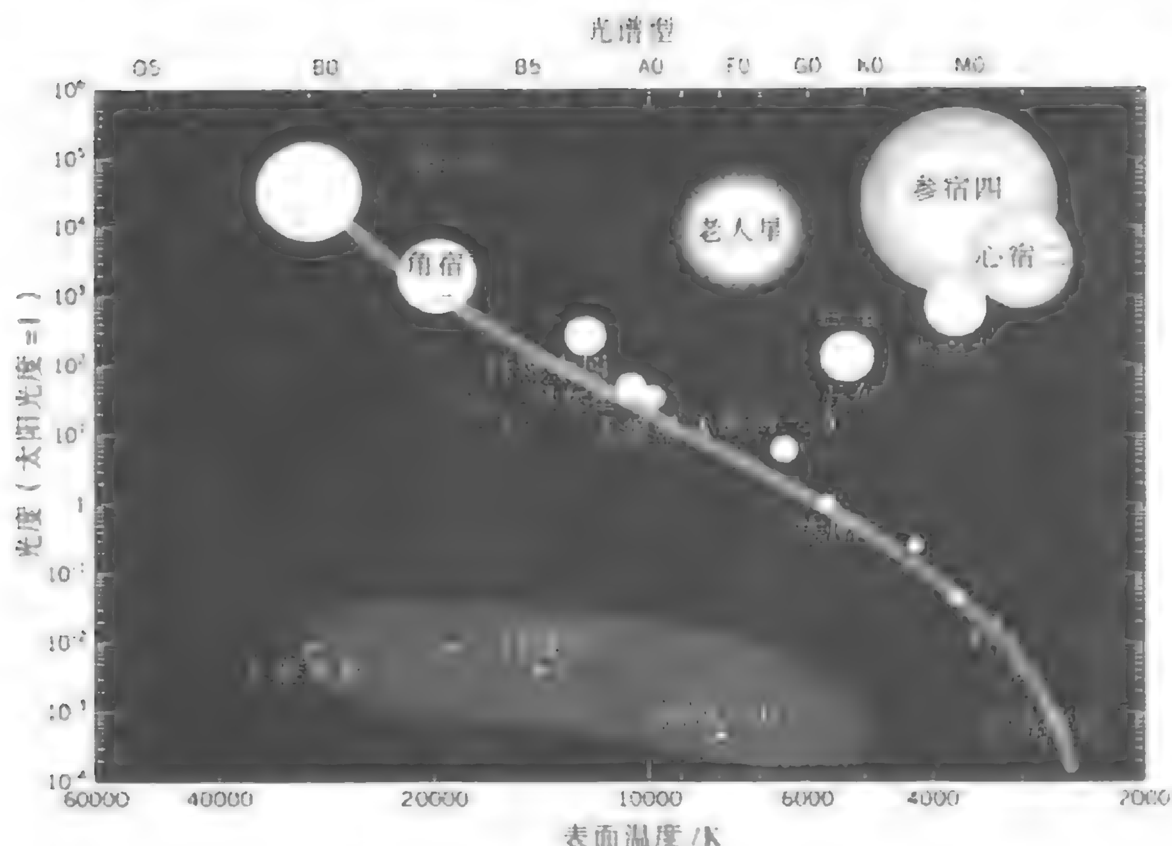


图 1.7 不同大小的恒星在赫罗图中的位置

7. 恒星的质量是多少

恒星的质量是恒星研究中一个非常重要的物理量，它关系到恒星的物理特性并决定着恒星的演化特征。然而，恒星如此遥远，要想直接测定它的质量是不可能的。那么它的质量是怎样知道的呢？目前，除了太阳以外，只有对那些属于双星的恒星，才能根据两个子星互相绕转的运动规律，直接测定其质量。

测定双星质量的基本原理是依据开普勒第三定律，即两颗星轨道运动周期（P）的平方与系统的总质量($M_1 + M_2$)成反比，与两个星距离(a)的立方成正比，即：

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{P^2}$$

式中，恒星的质量 M_1 和 M_2 以太阳质量($M_{\odot}$)为单位；两星的距离 a 以天文单位(AU)为单位；P 以年为单位。

利用观测得到的周期 P 及两星的距离 a，可以算出两颗星的质量和；如果再测出它们相对质心的距离 a_1 和 a_2，则有 $M_1/M_2 = a_2/a_1$；用光谱测定出两颗子星的视向速度曲线，也可求得两个子星的质量比；如此，可求出两个恒星的质量。

质光关系 对于大于 0.2 太阳质量的主序星，恒星的质量 M 和其光度(绝对热星等)之间有很好的统计关系，叫"质光关系"，即恒星的质量越大，其光度越强(图 1.8)。除了特殊天体外，所观测到的恒星中占 90%的主序星都符合如下的质光关系：

$$\lg(L/L_{\odot}) = 3.8\lg(M/M_{\odot}) + 0.08$$

式中，L 为恒星光度，$L_{\odot}$ 为太阳的光度。通过观测求出恒星的光度后，就可以通过质光关系求出它的质量。

在我们熟悉的亮星中，心宿二的质量是太阳质量的 50 倍，天狼星的质量是太阳的 2 倍多，大角星的质量是太阳的 10 倍。

恒星的质量范围 已知质量最大的星是 HD 93250，它的质量是太阳的 120 倍。从统计来看，大多数恒星的质量是太阳质量的 0.5～5 倍；少数恒星的质量是太阳质量的几十倍至上百倍；最小的恒星质量只有太阳质量的百分之几。可见，与不同恒星的体积差别相比，恒星的质量差别不是很大。这是由于，恒星的质量不可能太小，因为恒星中心要达到一定的温度和压力条件才能进行核燃烧，也才能因此而发光，否则就只能形成行星、小行星或陨星，而不能成其为恒星。但恒星的质量也不会太大，因为如果质量太大，内部温度过高、压力过大，恒星就会发生爆炸而瓦解。对于正常的主序星来讲，光谱型从早型（O、B、A）到晚型（F、G、K、M），即温度由高到底，其质量由大逐渐减小。我们的太阳在恒星世界中是个黄色矮星。

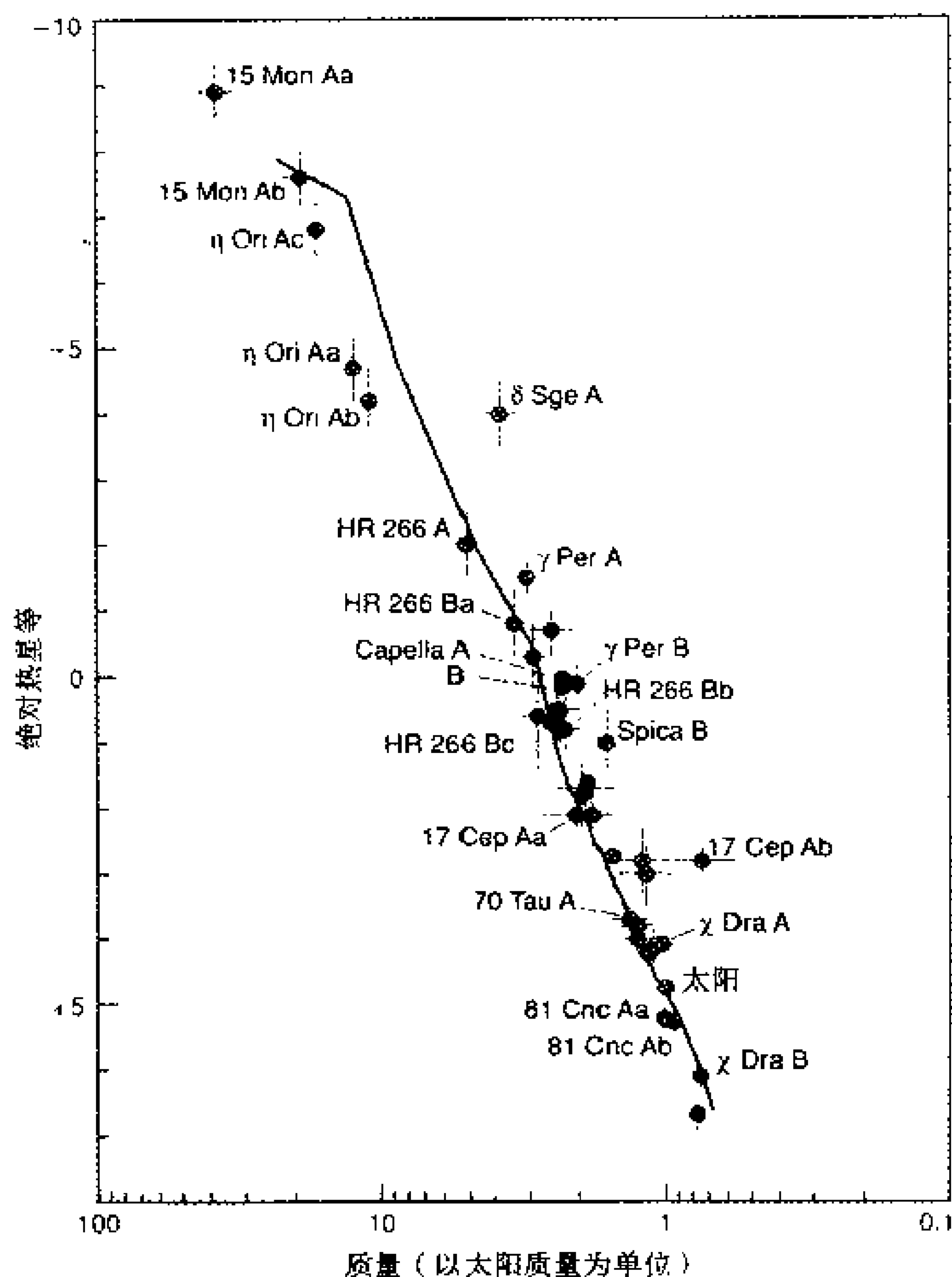


图 1.8　质光关系

恒星的密度　各类恒星的体积相差悬殊，可达数千亿倍以上，然而它们的质量才相差几十至上百倍，其密度相差的惊人程度就可想而知了。例如，红超巨星的平均密度仅为水的百万、甚

至万万分之一，可是白矮星的密度是水的几万倍以上。如天狼星的伴星，其密度竟达水的65000倍。在奇异的白矮星世界中，1立方厘米的物质就有200吨重！更令人吃惊的是中子星，它的每立方厘米物质约有1亿吨重！真是不可思议。

一般而言，恒星内部的密度并不均匀，从内到外密度逐渐减小。

8. 恒星不是永“恒”不动

运动是物质存在的基本形态，宇宙间一切物质无不处于运动之中，恒星也不例外。但是，由于恒星非常遥远，看起来恒星的移动显得微乎其微，因此在很长的时间里，人们认为恒星是不动的，并以“恒”字为之定名。

谁最先发现了恒星的运动呢？是我国古代天文学家。早在战国时代，我国就制造出了赤道坐标仪，用以测量恒星的位置；西汉时代，落下闳发明了浑仪，它是采用赤道坐标系的仪器，可测量天体的位置，其测量精度在当时是首屈一指的。我国唐代天文学家张遂（一行）长期从事恒星位置的精确测量，首次发现了恒星的运动。1717年前后，英国天文学家哈雷把自己的观测结果与古希腊天文学家托勒密等人的结果相比较，也意外地发现了天狼星、南河三和大角星等的位置有了明显的变化。这使哈雷坚信“恒星在运动”。

恒星的空间运动 恒星相对于太阳的运动，称为恒星的空间运动。地球上的观测者观测到的恒星运动是相对地球的运动，通过归算除去地球自转和绕日的公转运动，就可以知道恒星相对于太阳的运动。恒星的空间运动速度 v 可分解为切向速度分量 v_t 和沿着视线方向的视向速度分量 v_r(图1.9)；空间运动速度 v、视向速度 v_r 与切向速度 v_t 三者的关系为：

$$v^2 = v_t^2 + v_r^2$$

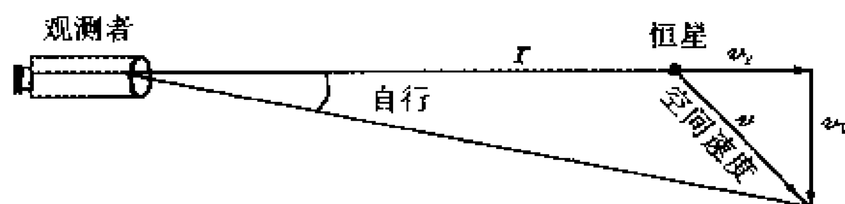


图 1.9 恒星的空间运动

自行与切向运动 恒星切向运动的速度 v_t 可由观测恒星的自行得到。恒星的自行是指恒星在垂直于观测者视线的切线方向每年移动的角度，以角秒/年为单位。如果知道了恒星的距离，即可由测得的自行量求出恒星的切向速度。现已测定出约 30 万颗恒星的自行，它们绝大多数小于 0.1 角秒/年（表 1.3）。

由于恒星的自行很小，所以在短时间内很难看出恒星在天球上位置的变化。但是，只要时间足够长，这种变化就会显现出来。例如，在人们心目中能指明方向的北斗星，其实并非亘古不变，图 1.10 就清晰地说明了这个问题。

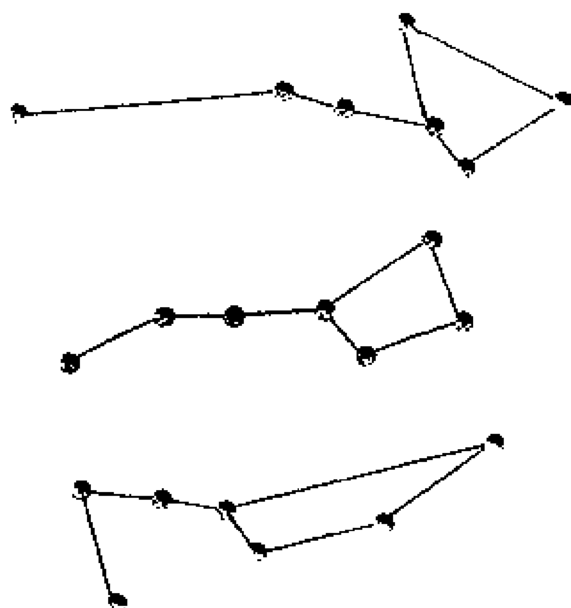


图 1.10 北斗星自行的长期效应。自上而下分别为 10 万年前、现在和 10 万年后看到的北斗星

表 1.3　部分恒星的视向速度和自行

星　名	目视星等	光谱光度型	绝对目视星等	距离/光年	视向速度/(千米/秒)	自行/(角秒/年)	半径($R_{\odot}$=1)
α CMaA 天狼星	−1.47	A1Ⅴ	+1.42	8.7	−8	1.324	2
α CMaB(白矮星)	8.5	Wd		8.7			0.003
α CenA 南门二	0.33	G2Ⅴ	+4.39	4.3	−22	3.676	0.38
α Boo 大角星	−0.1	K2Ⅲ	−0.3	36.2	5	2.284	23.5
α Lyr 织女星	0.04	A0Ⅴ	+0.5	26.5	−14	0.345	2.76
α Aql 河鼓二	0.77	A7Ⅳ-Ⅴ	+2.2	16.5	−26	0.658	1.68
α Cyg 天津四	1.26	A2Ⅰa	7.1	250.8	−5	0.003	106
α Leo 轩辕十四	1.36	B7Ⅴ	−0.7	83.6	+4	0.248	
α Aur 五车二	0.05	G8Ⅲ	−0.6	44.7	+30	0.435	14
β Ori A 参宿七	0.14	B8Ⅰa	−7.1	900	+21	0.001	
α CMiA 南河三	0.37	F5Ⅳ-Ⅴ	+2.7	11.3	−3	1.250	7.65
α Ori 参宿四	0.41	M2Ⅰab	−5.6	370	+21	0.028	550
α Eri 水委一	0.51	B3Ⅴ	−2.3	118	+19	0.098	
β CenB 马腹一	0.64	B1Ⅲ	−5.2	490	−12	0.035	
α Tau A 毕宿五	0.86	K5Ⅲ	−0.7	68	+54	0.202	
α Vir 角宿一	0.91	B1Ⅴ	−3.3	220	+1	0.054	
α Sco A 心宿二	0.92	M1Ⅰb	−5.1	520	−3	0.029	520
α PsA 北落师门	1.15	A3Ⅴ	+2.0	22.6	+7	0.367	
β Gem 北河三	1.16	K0Ⅲ	+1.0	35	+3	0.625	
β Cru 十字架二	1.28	B0.5Ⅲ	−4.6	490	+20	0.049	
α Car 老人星	−0.72	F0Ⅰ-Ⅲ	−3.1	98	+21	0.025	

注：视向速度为正表示恒星远离太阳运动，负号表示恒星向着太阳运动。

多普勒效应与视向运动　恒星的视向运动速度又是怎样测定的呢？坐过火车的人都有这样的体验：当一列火车拉响汽笛由远而近向你驶来时，你会听到汽笛声越来越尖锐刺耳；而当火车呼啸而过后，汽笛声又会立刻变得很粗钝。这种现象在物理学上称为多普勒效应（图 1.11）。多普勒效应是指，当波源与观察者有相对运动时，观察者接收到的频率与波源发出的频率不同；两者

相互接近时收到的频率升高（声音变得尖锐），相互离开时收到的频率降低（声音变得粗钝）。

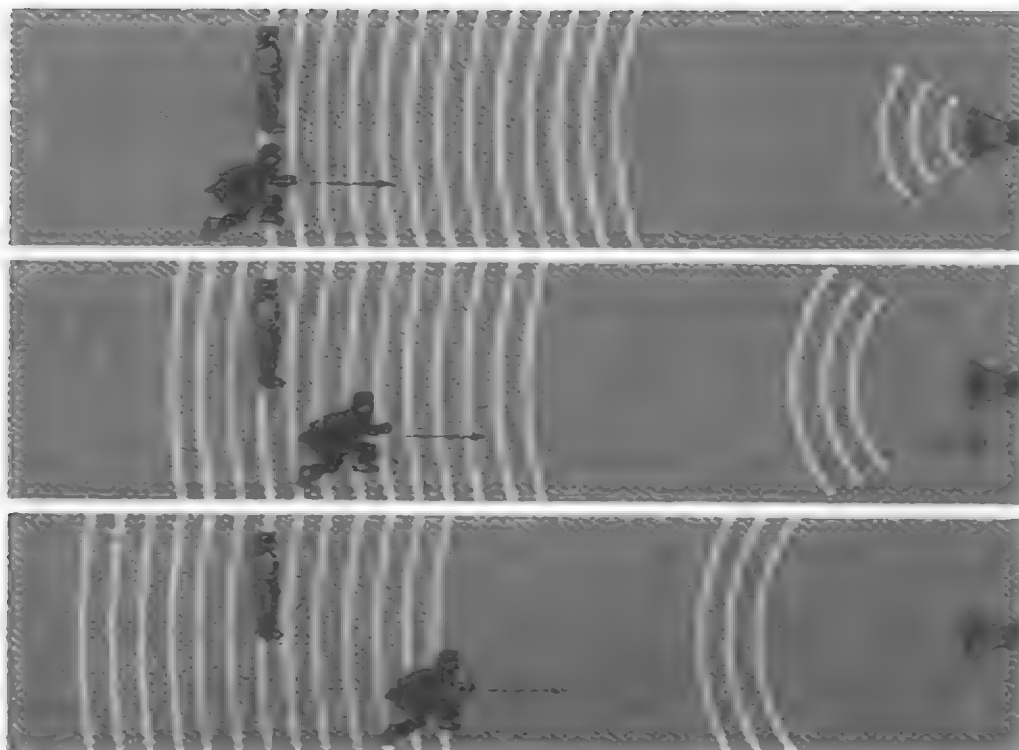


图 1.11　多普勒效应示意图。两个观测者，一个静止，一个跑向声源；跑动者每秒接收到的波峰数比静止者多，所以他听到更高频率的音调

上述现象也表现在移动光源的光谱特性上。即当光源相对于观察者后退时，谱线向红端移动（简称红移），即波长变长；反之，谱线向紫端移动（简称紫移），即波长变短。恒星是一个光源，天文学家通过测定恒星光谱线红移或紫移的程度，就可计算出恒星远离或接近我们的视向速度。迄今，已测出视向速度的恒星约有 3 万多颗。例如，织女星正以 14 千米/秒的速度接近我们，而毕宿五正以 54 千米/秒的速度离开我们（表 1.3）。

综上所述，天文学家通过天体测量测定恒星的自行，可求出切向速度 v_t；根据光谱观测测定谱线的多普勒位移，可求出恒星的视星的视向速度 v_r，从而可最终求出恒星的空间运动速度 v。

恒星的自转 观测表明，恒星不仅有空间运动，而且它本身还像陀螺一样在自转。天文学家根据观测太阳黑子的移动发现了太阳的自转运动，并发现太阳的赤道比它的两极转得快些，是25天一周。其他恒星比太阳遥远得多，如何知道它在自转呢？可以想象：对于一个自转着的恒星来说，它的一半远离观测者，而另一半接近观测者，因此，它的谱线轮廓将会因自转引起多普勒效应，从而使谱线被展宽，天文学家通过对恒星谱线轮廓的测量可求得恒星的自转速度。不过，由于恒星的自转轴与视线方向之间有一夹角 i，所以一般得到的是恒星自转速度在视线方向的投影值，然后再根据 i 角求出恒星的自转速度。

恒星的自转速度各不相同，有的较小，只有几千米每秒，而高速自转的恒星自转速度可达400～500千米/秒。至于一些特殊类型的恒星，如致密的中子星，在不到1秒，甚至在几毫秒的时间内就自转一周，自转速度高得惊人，可达每秒数万千米！由大量观测得到的主序星的平均自转速度如表1.4所示。

表1.4 主序星的平均自转速度

光谱型	O5	B0	B5	A0	A5	F0	F5	G5	K、M
平均自转速度/(千米/秒)	190	200	210	190	160	95	35	12	1

恒星都在运动，太阳作为一颗恒星它的运动如何呢？太阳带领太阳系家族一起以20千米每秒的速度向着武仙座方向飞驰，这称为太阳的本动；太阳还和附近的恒星一起围绕银河系中心旋转，速度为250千米/秒，绕银河系中心转一周需要2.25亿年。恒星相对太阳的运动，实际上包括两个部分：一部分是由于太阳系的运动产生的，另一部分是恒星本身的运动；这后一部分才是恒星的真正运动。在银河系里恒星的运动与太阳的运动相似，有

绕银河系中心的转动，又有在空间里自己固有的运动，即恒星的本动。如同一团蚊子一样，各自乱飞的蚊子并不影响蚊子团整体的运动，恒星的本动也不影响恒星绕银河系中心的运动。

9. 激烈而频繁的恒星表面活动

恒星是炽热的气体球，我们观测到的是它的表面大气层。恒星表面的大气层无时不处在激烈的活动之中，下面我们以太阳为例来说明。太阳从中心到边缘可分为核反应区、辐射区、对流区和太阳大气层几部分（图 1.12）。核反应区产生的能量最先通过辐射区，以辐射形式向外传播，再经过对流区，以对流形式传

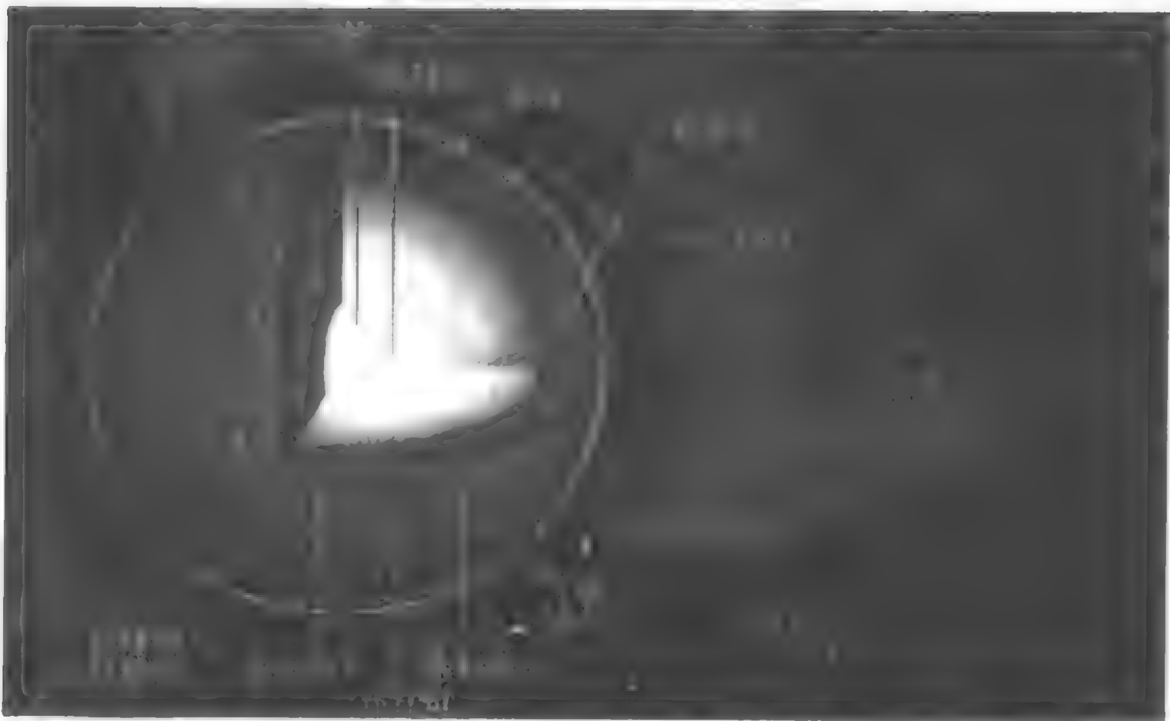


图 1.12 太阳的内部结构与太阳活动

播，最后通过太阳大气层发射出去。太阳的大气层从里至外又可分为光球层、色球层和日冕三层。太阳的大气有时“宁静”，有时“发狂”；其不同层次的活动各具一格，异彩纷呈。

光球　光球是太阳大气的底层，厚度约为 500 千米，太阳的平均有效温度即指光球表层的温度。光球以辐射方式传播能量，我们所看到的太阳的可见光，几乎全部是由光球发出的。在大气宁静度比较好的条件下，用加减光片或减光棱镜的较大的望远镜观测光球，可以看到它的整个表面有颗粒状结构，称为米粒组织，较大的称为超米粒组织，它们像沸腾的粥一样，上下翻滚不息，科学家认为这是一种对流现象。

光球上亮的区域叫光斑，暗的黑斑叫太阳黑子，太阳黑子是光球层上具有强磁场的气体旋涡，是太阳活动最明显的标志之一。黑子的温度低于光球，其亮度约是光球的三分之二。黑子大小不一，小的直径约 1000 千米，大的直径可达 20 万千米。黑子群多的时候表明太阳的活动频繁，叫做太阳活动期，没有或黑子很少时叫太阳宁静期；太阳黑子活动有平均 11.2 年的周期。

色球　从光球表面到 2000 千米高度为色球层，它的温度比光球高得多，但发出的可见光不及光球的 1%，因此我们平时见不到它。在日全食当月影刚刚把整个太阳的光球遮盖起来的时候，色球层未被遮盖的部分会呈现出狭窄的圆弧形的红光。太阳色球层的活动也是色彩纷呈。在色球的边缘，可以看到许多窜向太阳大气高层的一簇簇燃烧着的“火焰林”，叫做针状物；还有向上喷射的明亮的小丘般的气流，称为冲浪。色球层还时常发生谱斑、日珥和耀斑等剧烈的活动。

谱斑是太阳色球的增亮区（亮谱斑）或较暗区（暗谱斑）。谱斑的温度一般比周围高 1000 K 左右，其尺度从几千千米至几十万千米。谱斑与黑子有密切联系，谱斑多出现在大黑子或黑子群附近，黑子多时谱斑也比较多。

日珥是最美丽的太阳活动现象，它是从色球边缘喷出的巨大的炽热气流，呈朱红色；有宁静日饵、爆发日饵、黑子日饵、龙卷日饵以及冕饵等多种类型。日饵往往上升到 60 至 70 万千米后再向色球层落下，也有的向上喷射后长期悬浮于日冕之中。

耀斑是太阳活动期间出现在太阳色球层上最显著的现象，它是太阳色球层上迅速发展的亮斑，在很短的时间（约 100～1000 秒）内，可释放出高达 10^{27}焦耳以上的能量。

耀斑发生时产生高能电磁辐射、射电辐射、高能粒子和等离子体爆发等。耀斑区的等离子体瞬时加热，还伴随有一系列的动力学现象，如日浪、日喷和日冕物质抛射等。特大的耀斑几乎在所有波段（包括 γ 射线、X 射线、紫外线、可见光和射电）都发射非常可观的辐射。

日冕　日全食时，在色球层之外可以看到有银白色的羽状结构的太阳大气，这就是日冕。日冕是太阳大气的最外层，约延伸到数倍太阳半径处。日冕层极为稀薄，亮度极小，平时必须借助日冕仪才能观测到，它的形状随太阳活动的强弱而变化。近年来用远紫外线和 X 射线观测，发现在日冕的某些特殊位置上呈现出暗区，称为冕洞。冕洞是强太阳风（风速大于 600 千米/秒）的风源。太阳风是从日冕抛向行星际空间的高能带电粒子流。观测表明，日冕的温度非常高，可达 200 万 K，其加热机制还不清楚。

在太阳活动极盛时期，日冕上经常有冕环出现，并常常喷射出冕物质流，它们常发生在太阳两极和赤道附近，并延伸到距离日面很远的太阳系行星际空间。

恒星中有许多与太阳很相似，叫做类太阳星。有的类太阳星其活动性比太阳激烈、频繁得多，叫做色球活动星。这类恒星的黑子群更多，约占表面积的 30%～50%（太阳黑子的平均面积一般只占日面的千分之几），并且频繁发生激烈的色球活动。

恒星活动是与它的磁场密切相关的，本质上是一种磁活动现象。恒星活动也与恒星大气的物理状况（温度、压力、密度和湍流等）、化学成分及金属丰度有密切联系。因此，研究恒星活动对于探讨恒星的磁流体本质及超强磁场星的结构和演化有重要意义。特别是太阳与地球息息相关，研究太阳活动对人类的生存发

展的影响有重要意义。

10. 恒星为什么能发光

恒星为什么能发光？它那巨大的能量是从哪里来的？人们对恒星能源的研究首先是从与地球最近、关系最密切的太阳开始的。太阳是一颗炽热的火球，它每秒辐射出的总能量高达 3.8×10^{26}焦耳，相当于一秒钟内燃烧115亿吨煤所产生的热量。自太阳诞生以来，这巨大的能量辐射已维持了近50亿年。这绝不是耸人听闻，因为太阳的年龄至少与地球一样，或者更老些；而地球的年龄可以依据放射性元素的衰变来测定。根据一块含铀岩石中有多少铅，就可以推算出岩石中铀原子的衰变过程已经维持了多久，由此推算出地球的年龄有45亿年。所以太阳的年龄至少已有45亿年至50亿年。

什么样的能量来源能这么持久地维持着太阳的光和热呢？早期，有人曾提出"流星学说"，即大量流星、彗星和陨石不断掉到太阳上，由摩擦生热而燃烧。但计算结果表明，这点能量远不足以使太阳如此发光。后来又有人提出"收缩说"，即认为太阳不断收缩位能减少使热能增加，从而使它发光发热。但是，即使假定太阳本来有太阳系那么大，收缩到现在的大小而释放的能量顶多也只能维持5000万年。如果太阳全部是煤燃料，要辐射出这么大的能量，则只能燃烧3000年。此外，还有人提出太阳的能源来自天然物质的放射性，但也是以失败而告终。

直到20世纪初爱因斯坦的相对论问世才为解决这一难题找到了出路。1906年爱因斯坦指出质量和能量可以互相转化，并给出了著名的质能转化公式：

$$E = mc^2$$

式中，E 是能量，m 是质量，c 是光速（等于30万千米／秒）。这个公式表明，很少的物质就可以变成巨大的能量，即1克的物质可

以转变成 9×10^{13}焦耳的能量，相当于 1 万吨优质煤全部燃烧时所放出的热量！

质能关系揭示出，以质量为度量的物质和以能量为度量的运动是永远不可分的，它成为原子核物理学与粒子物理学的重要理论基础之一。正是这一理论启发人们去思索，太阳那巨大的能量是否是由物质转变来的，问题是物质和能量是在什么场合、以什么方式进行这种转变的。1926 年，英国天文学家爱丁顿推算出太阳中心的温度高达 4000 万 K，这时即可发生氢聚变成氦的核反应。当时有的物理学家认为这个温度太低了。但是爱丁顿却坚信，恒星的能源只能是核能。

所谓核反应，是指某种微粒与原子核相互作用时，使核的结构发生变化，并放出一个或几个粒子的过程。20 世纪 30 年代末，大多数科学家已明确认识到至少有两种核反应可以解释太阳的能源。一种是“碳-氮循环”，另一种是“质子-质子循环”。图 1.13 给出了氢、氦和碳原子结构的示意图。

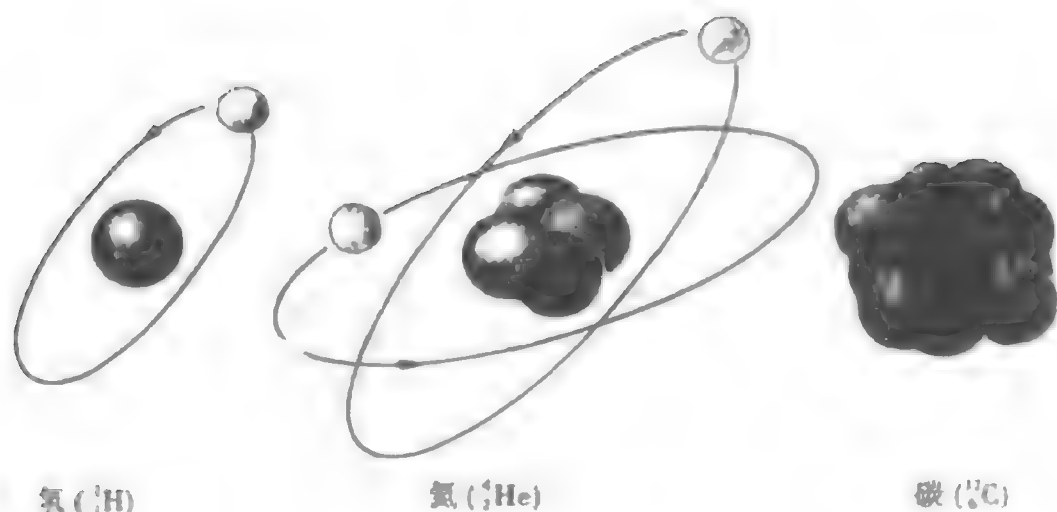
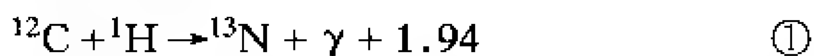
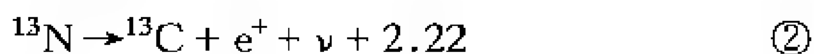


图 1.13　氢、氦和碳原子示意图。左上角数字表示质量数，左下角数字表示原子序数；图中碳的 6 个电子省略了未画出

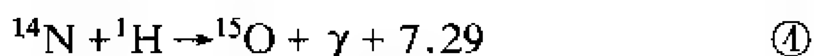
所谓碳-氮循环的热核反应是由碳、氮起触媒作用，促使 4

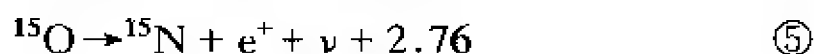
个氢核聚变为一个氦核的过程。它包括6个步骤，周而复始地循环，其反应过程如下（图1.14）：


$$^{12}C + ^{1}H \rightarrow ^{13}N + \gamma + 1.94 \quad ①$$


$$^{13}N \rightarrow ^{13}C + e^{+} + \nu + 2.22 \quad ②$$


$$^{13}C + ^{1}H \rightarrow ^{14}N + \gamma + 7.55 \quad ③$$


$$^{14}N + ^{1}H \rightarrow ^{15}O + \gamma + 7.29 \quad ④$$


$$^{15}O \rightarrow ^{15}N + e^{+} + \nu + 2.76 \quad ⑤$$

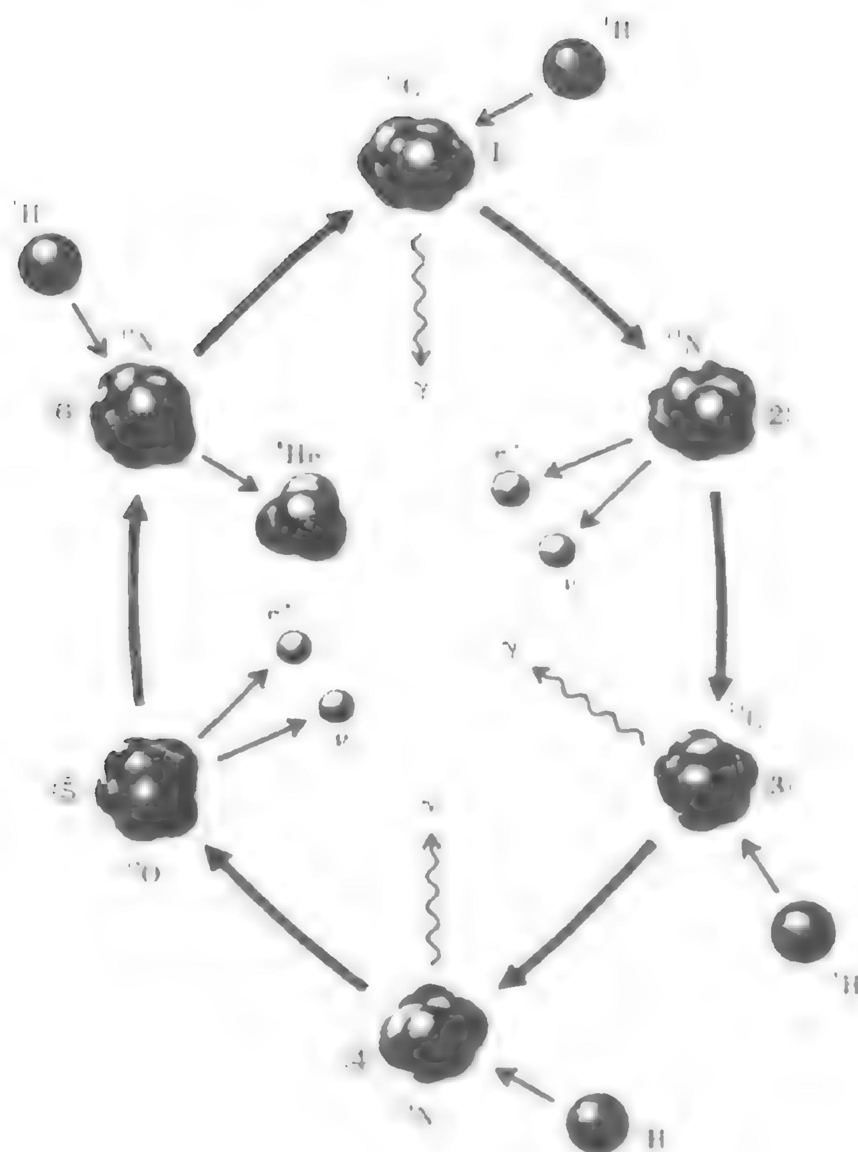
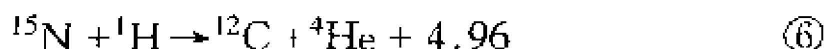


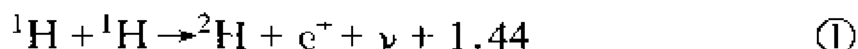
图1.14　碳-氮循环示意图



$$^{15}N + ^{1}H \rightarrow ^{12}C + ^{4}He + 4.96 \quad ⑥$$

式中，e^{+}为正电子，ν为中微子，γ为光子；数字表示反应过程中释放的能量，以兆电子伏为单位。经过一套循环反应，碳和氮的总量都不变，真正损耗的是氢。

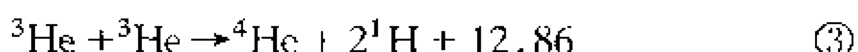
所谓质子-质子循环，则是4个氢原子核（质子）合成1个氦原子核（α粒子）的过程（图1.15），其反应过程为：



$$^{1}H + ^{1}H \rightarrow ^{2}H + e^{+} + \nu + 1.44 \quad ①$$



$$^{2}H + ^{1}H \rightarrow ^{3}He + \gamma + 5.49 \quad ②$$



$$^{3}He + ^{3}He \rightarrow ^{4}He + 2\,^{1}H + 12.86 \quad ③$$

式中，^{2}H是重氢（也叫氘，是氢的同位素）。

这两套化学反应的效果都是4个氢原子核合成为1个氦原子核，而碳、氮、重氢等原子核只起触媒作用。

上述两套核反应循环究竟以哪个为主虽然尚有争论，但一般认为两者都在发挥作用。

在核反应当中质量是有损耗的。一个氢原子核的质量是1.008个原子单位，而氦原子核是4.004，因此在一次质子-质子反应中有$\Delta m = 4 \times 1.008 - 4.004 = 0.028$（原子单位）的质量损耗。为了维持每秒$3.8 \times 10^{26}$焦耳的辐射，太阳每秒钟要消耗$6.2 \times 10^{8}$吨的氢核“燃料”，其中质量的损耗约$4.3 \times 10^{6}$吨。但太阳质量达$2 \times 10^{26}$万吨，其中75%是氢，这样丰富的氢核“燃料”足以使太阳以这样的产能率再维持50亿年。

与太阳一样，其他恒星的能量来源也是由其内部的热核聚变反应提供的。在热核聚变的过程中，氢原子核先聚变成氦原子核，氦再依次进行聚合成更重的元素。在一颗典型的恒星中，原子核逐级合并，直到形成可观数量的许多重元素。热核聚变过程中的核能以辐射方式为主，穿越恒星的内部与外壳向外传播。有时恒星内部由内向外的辐射流很强，而物质的透过率很小，使得能量在恒星内部被阻塞，这时恒星会借助其他方式例如通过对流，把能量由内部带到外部去。对太阳而言，它除了辐射传递能

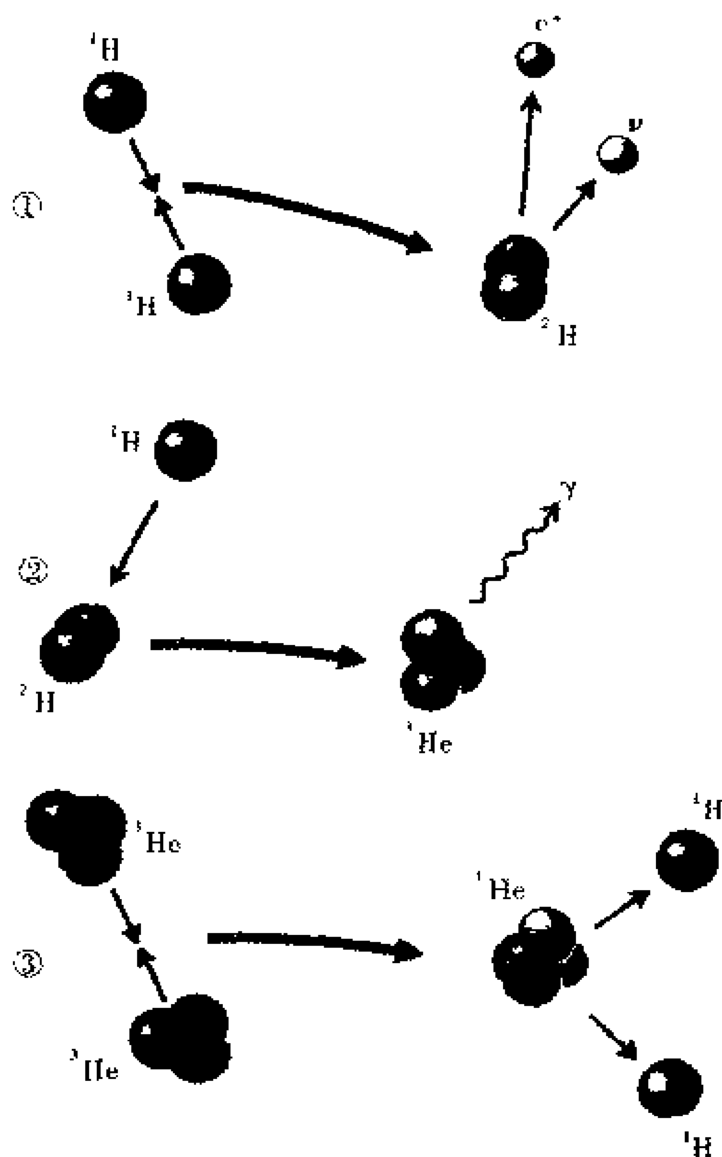


图 1.15　质子-质子循环示意图。①两个氢原子核相碰并生成一个氘核；②一个氘核和一个氢核聚变合成一个氦的同位素；③两个这种同位素的核聚合成一个正常质量数为 4 的氦核

量及热传导外还有重要的对流传能，即在沸腾的恒星内部，加热的气团（米粒、超米粒组织）上下翻腾，以对流方式向外传递能量。正是恒星内部的热核聚变反应所产生的能量不断向空间发射，我们才能看到恒星闪烁的光芒。

二 恒星的生命历程

宇宙间的万物都在运动、发展和不断变化，作为宇宙的成员，恒星也在不断演化，有其出生、成长、成熟、衰老和死亡的过程。但是恒星的一生是那样漫长，要经历几千万年、几亿年，甚至100亿年以上。相对恒星漫长的演化岁月，人的一生只是微不足道的一瞬，那么，科学家是怎样去了解恒星的一生呢？恒星从生到死要经过哪些演变过程呢？本章将系统地向你讲述恒星的生命历程。

1. 从恒星的“全家福照片”说起

你还记得我们前面谈到的赫-罗图吗？正是它提示我们，我们有办法了解远远超越人类生命历程的恒星一生的演化过程。这是因为，赫-罗图所呈现出的绝不仅仅是恒星的光谱-光度关系，它给出的实际上是一幅恒星的“全家福照片”。

在赫-罗图上，处于主星序上的主序星，是活力充沛的青、壮年星；那些红巨星，是一些年长的老年星；那些白矮星，则是一些濒临死亡的恒星。在从主序星到红巨星过渡的范围内，还有处于“更年期”的脉动变星。

事实上，随着现代科技的进步，面对丰富多彩的恒星世界，人们已可同时观测到不同年龄的恒星：有孕育之中的原始星胎，刚刚诞生的原恒星，青春年少的主序前星，活力充沛的青壮年主序星，处于“更年期”的变星，老年红巨星，濒临死亡的白矮星，以及中子星和一些黑洞候选者等。根据已有的理论和观测事实来认识这些不同年龄的恒星，就可以知道恒星一生的演化梗概了。

2. 恒星的元素丰度与元素的核合成

恒星的起源与演化问题与元素起源问题关系十分密切。现已知道，太阳系中所有的物质都是由92种化学元素组成的，这些元素是宇宙、星系和恒星各层次演化的总体结果，因此，与天体起源和演化有关的假说，都必须能解释元素丰度的分布规律才能成立。

元素的丰度 目前，人们已积累了大量有关地壳、陨石、太阳、恒星、星系等各种天体的元素及其同位素的资料。图2.1是

太阳系元素的相对丰度曲线，纵坐标为丰度值（相对含量，取硅为 10^6，其他元素按比例确定），横坐标为元素的质量数。元素的丰度曲线反映了元素按质量大小的分布规律。

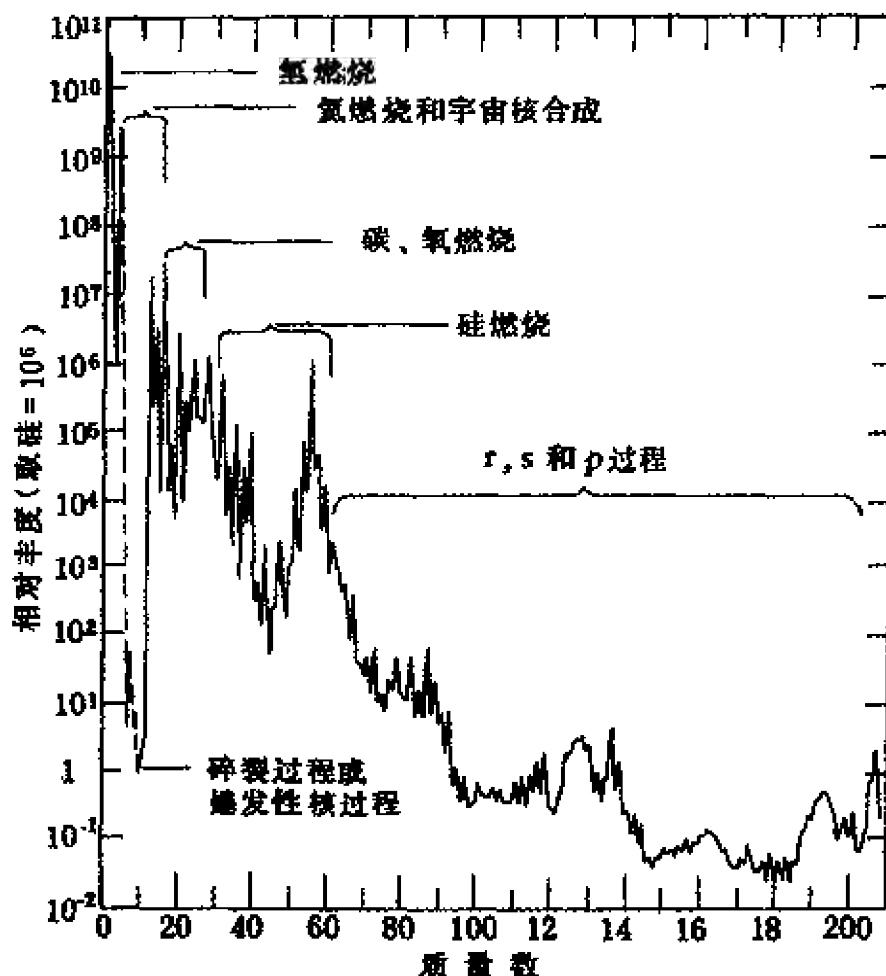


图 2.1　太阳系元素按质量数的分布图。图中还标出了产生各种元素的可能过程

元素的核合成　怎样科学地认识和解释恒星的元素丰度呢？开始，人们都试图用单一的过程去解释全部元素的成因，结果总是顾此失彼，难以自圆其说。1957 年，美国伯比奇夫妇、福勒和霍伊尔等人另辟蹊径，抛弃了全部元素都是通过单一过程一次形成的想法，提出了与恒星不同演化阶段相应的几

个形成过程，所有元素及其同位素都是由氢通过发生在恒星中的核反应过程逐步形成的。这些元素合成后，由恒星抛射到宇宙空间，形成了我们观测到的元素的丰度分布。这就是元素的核合成理论。

简言之，元素的核合成是指恒星内部核反应中新元素的产生过程。元素的核合成理论指出恒星内部核反应可能经历以下几个过程：①氢燃烧，由 4 个氢核聚变成一个氦核；②氦燃烧，氦聚变成碳和氧；③碳、氧、氖燃烧，生成镁、钠、硅、硫等；④硅燃烧，这是恒星内部最后的热核反应，生成铁等一系列较重的元素。⑤原子量大于铁的重元素形成，是由铁族元素逐渐俘获中子而形成的。⑥锂、铍、硼等低丰度轻元素主要是星际空间的碳、氮、氧等原子核与高能粒子（主要是质子）碰撞后碎裂而产生的。

然而，并非所有的恒星都会经历上述每一个阶段，这是由于发生上述反应须具有一定的温度、压力等条件，而不同的恒星其物理化学性质（如质量、化学成分等）各不相同。所以，不同的恒星将经历不同的演化历程，其死亡后的归宿也各有千秋。

3. 恒星的孕育——从星胎到原恒星

恒星从何而来，由什么组成，它是怎样形成的？人们寻根的线索只能是观测的证据和理论的知识。

浩瀚无垠的宇宙中无处不有弥漫的星际气体和尘埃物质。星际气体的平均密度约为每立方厘米一个氢原子，温度在 −170℃ 左右；而星际尘埃的温度只有 −260℃。星际气体和尘埃物质在空间的分布很不均匀，在密集之处形成星际气体云，有质量和半径很大、密度很小，由氢原子组成的气体云；也有质量较大但半径较小、密度较高，由分子组成的分子云；它们往往是成团地聚

集在一起。观测表明，银河系内一些较年轻（年龄不到 100 万年）的大质量（质量 $M \geqslant M_{\odot}$）恒星都集中在银道面的旋臂中，而在那里充满了密集的星际气体和尘埃，这说明年轻的恒星与星际云和气体有密切联系。年轻恒星所在处的星云密度最高，可达每立方厘米几万个原子，它们往往成为发光的发射星云，这是它们受年轻恒星加热，温度升高（达 10000K）的结果。这也使人们推测，恒星是由星际云和星际尘埃形成的。本书彩色插页给出了哈勃空间望远镜拍摄的 M16 中心部分的照片（局部），从中可见 M16 的中心区呈现出的令人吃惊的柱状物，从底部到顶部比 1 光年还长。在其顶部可见有细细的手指状结构，那里可能就是潜在的恒星形成区。图 2.2 给出了另一类似的结果。

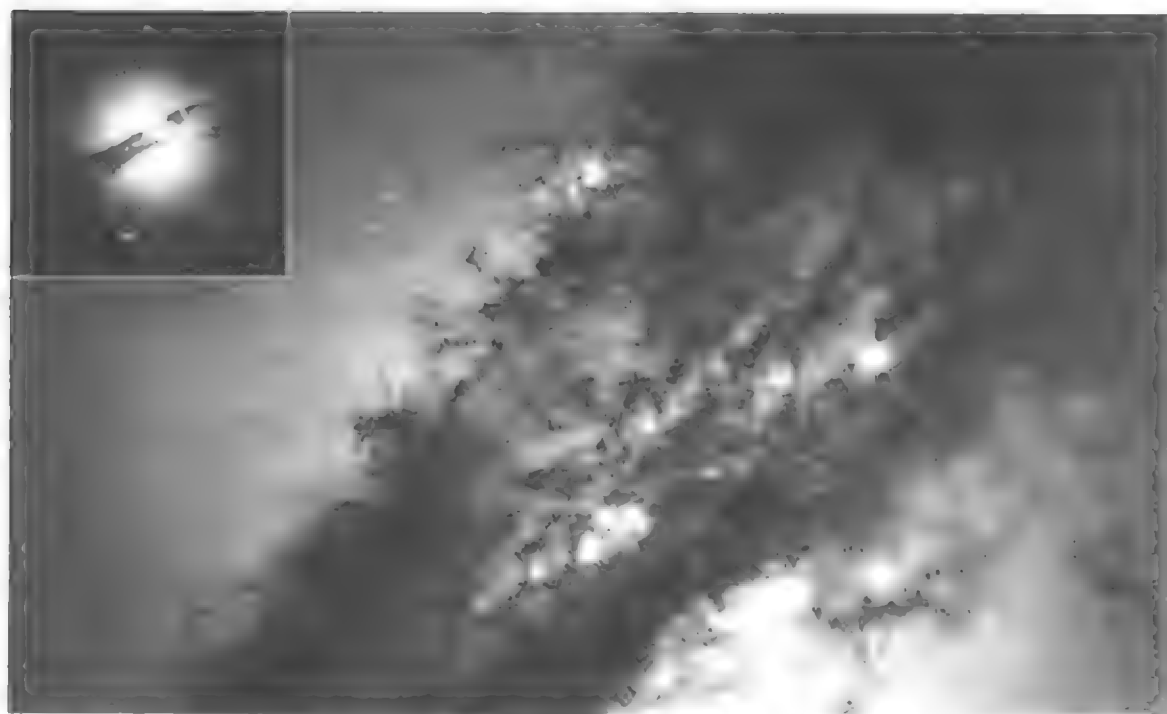


图 2.2　哈勃空间望远镜的探测结果表明，半人马座椭圆星系 NGC 5128 的中心部分是一个硕厚的尘埃带，带中一些区域为恒星形成区。左上角为地面望远镜拍摄的该星系照片

(1) 星胎的发育

天文学家大多认为，恒星是由弥漫的星际云收缩形成的，并在收缩过程中伴随有碰撞、瓦解而导致碎裂的过程。

星际气体与尘埃物质的引力作用使气体产生紧缩倾向。这种倾向只要一开始，其本身的自引力就促使物质不断密集；随着密集程度的增大，温度也升高。星际物质越密集，自身的引力也越强，就逐渐形成了一个巨大的星云。

质量很大的星云在自身引力作用下会很快地再次经历收缩、密集、升温的过程。当星云的质量达到1万倍太阳质量时就由于密度分布的不均匀而变得不稳定，密度足够大的星云区收缩快，以致使大星云分裂、瓦解成许多中等星云。随着中等星云的收缩和密度增加，又可能破碎成许多更小的星云。密度大的小星云能从周围吸引更多的气体和尘埃，并随着引力收缩的加剧温度骤升，继续收缩、碎裂，逐渐形成原恒星的星胎。

(2) 婴儿星——原恒星

星胎形成后并不稳定，庞大的球状体无力支撑自身的重量，大量的气体从四面八方向内挤压，引起星胎的引力收缩，使其逐步向原恒星转变。在星胎的收缩过程中，内部物质首先向中心塌缩，然后逐渐扩大到外部物质向中心的塌缩，由此中心密度越来越大，温度也随之升高，因此在不断收缩过程中引力能转化为热能。当温度达到2000K时，一部分氢分子变为氢原子导致了中心核的不稳定性，再次发生塌缩。第二次塌缩形成的新核，称为原恒星。原恒星继续收缩，反应逐渐加剧，中心温度继续迅速升高，就开始闪烁发光。但是，在原恒星中心没有发生热核反应，它们向外辐射的能量是外部物质下落释放的引力能转变成的，能量的转移靠对流传递。在原恒星内部也没有达到流体静力学平衡，在它的表面还要承受外部物质不断下落造成的压力。

最近，通过红外方法观测到在猎户星云的星际气体和尘埃物质之中有大量密集的蓝色高光度的年轻星，在那里发现了一个直径约为太阳的 1500 倍的发出强红外辐射的“婴儿星”——原恒星，并发现在人马座星云后面隐藏的一片厚尘星云之中有新生的恒星刚刚诞生，这些刚刚诞生、开始闪烁发光的星就是原恒星。图 2.3 给出了恒星形成区 RCW 38 的细节。

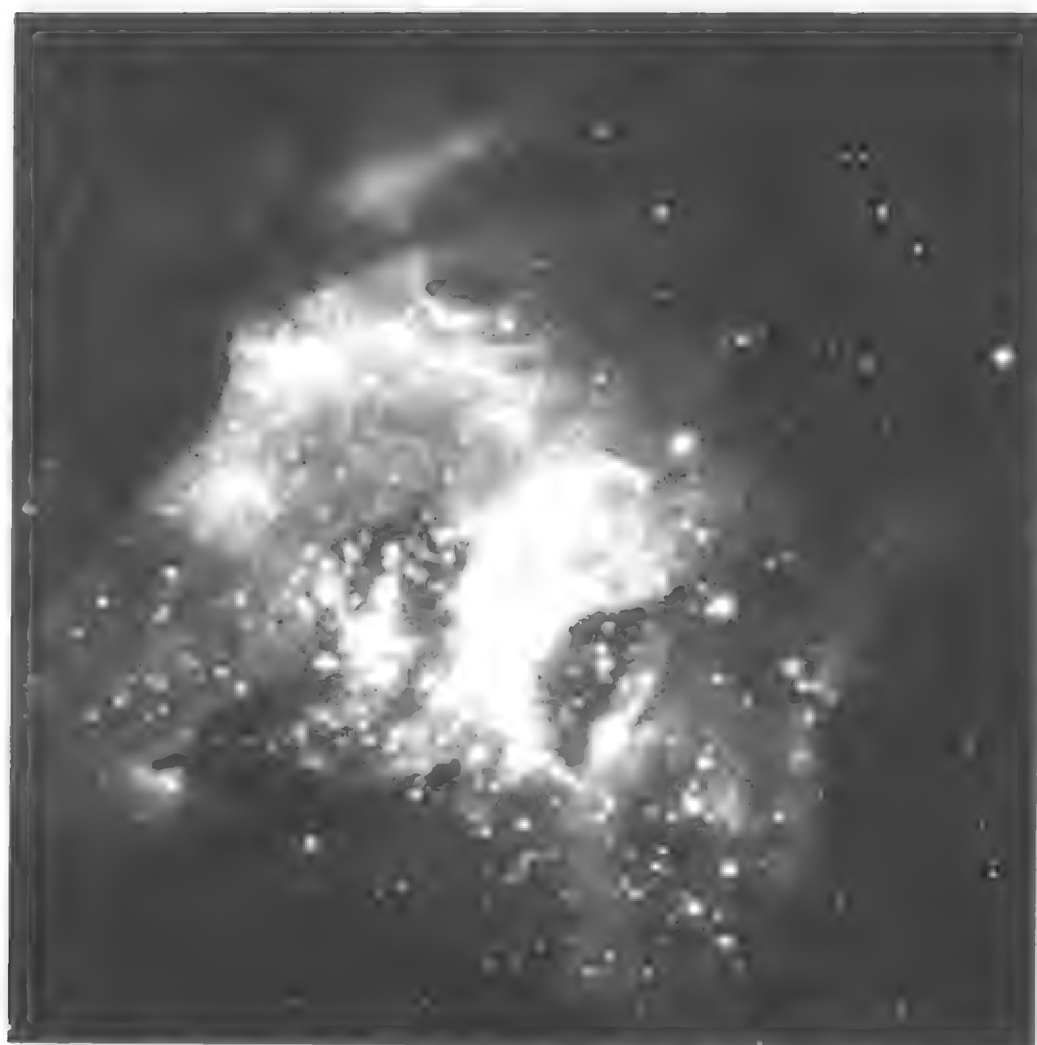


图 2.3　恒星形成区 RCW 38 的细节。欧洲南方天文台大望远镜（VLT）1998 年拍摄

4. 少年星——主序前星

原恒星诞生后，在自引力下继续收缩，半径逐渐减小到太阳那么大。这期间原恒星内部的物理条件也发生了极大的改变，物质的密度由原始星云的10^{-18}克/厘米^{3}增加到大约1克/厘米^3，也就是说增加了100亿亿倍。经过一定时间后，内部的压力逐渐增大，最终能阻止塌缩。这时总质量不再增加，星体内部逐渐达到了流体静力学平衡，内部气体处于完全对流状态，这时原恒星成长为少年星，叫做主序前星。

主序前星在赫-罗图中的位置，将落在一条与主序近乎垂直的叫做“林忠四郎”线的附近（图2.4中曲线的③~④段）。处于主序前演化阶段中的恒星，内部温度较低，约为3000~5000K。在此温度下尚不能发生热核反应，此时恒星的主要能源是靠引力能的释放，一部分用以维持向外的辐射，另一部分用于增加内部的热能，使内部温度不断升高，物质处于完全对流状态。恒星进一步演化首先沿着林氏线往下运动，然后再向左移向主星序。主星序带的最左端边缘叫做零龄主星序。

不同质量的主序前星到达零龄主星序的演化程是不同的。大质量的原恒星走向主序星热而亮的一端，小质量的原恒星走向主序星冷而暗的一端，如图2.4所示。

不同质量的主序前星演化成主序星所需的时间也不相同。大质量的主序前星到达零龄主星序的时间较短，而质量小的恒星要经历漫长的时间才能形成必要的压力和温度在核心点燃氢燃烧之火，到达主星序。表2.1给出了实例。由表2.1可见，一个质量为$10M_\odot$的B3型恒星演化到达零龄主星序需30万年，一个质量为$1M_\odot$的G2型恒星演化到达零龄主星序需3000万年，而一个质

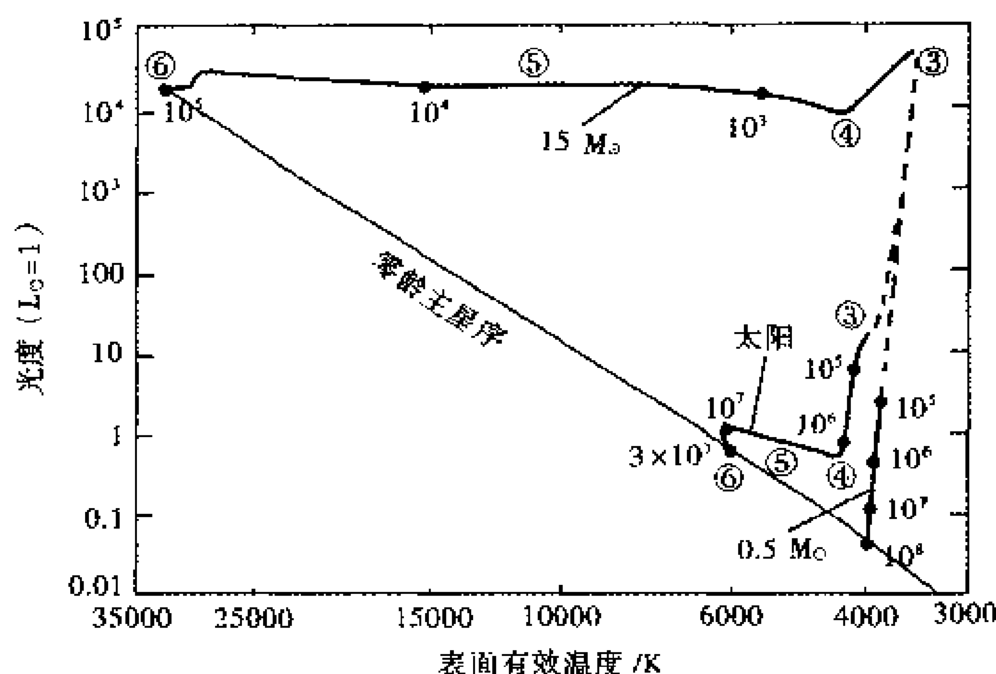


图 2.4　赫罗图上的林忠四郎线及不同质量主序前星的演化程（③～⑥）。③代表原恒星刚刚演化到主序前星；线旁的数字表示演化经历的时间（年）

量为$0.2M_{\odot}$左右的小质量恒星，却要花费10亿年才能到达零龄主星序成为青、壮年星——主序星。

表 2.1　主序前星演化的时间尺度

恒星质量/太阳质量	光谱型	到达零龄主星序的年龄/万年
30	O6	3
10	B3	30
4	B8	100
2	A4	800
1	G2	3000
0.5	K8	1万
0.2	M5	10万

5. 青、壮年星——主序星

当主序前星的内部温度升高到1500万K时，氢聚变为氦的热核反应开始全面发生。这时主序前星正好到达主星序带的最左端边缘（即零龄主星序），成为青年星。当热核反应产生的巨大辐射能使恒星内部的辐射压力和气体压力增高到足以与引力相抗衡时，恒星不再收缩，成了青壮年期的主序星，进入了一生中最辉煌、活力最充沛的时期。我们观测到的恒星中，90%以上是主序星。

主序星的化学组成大体相同，主要成分是氢和氦以及其他元素。从零龄主序开始，恒星的能源主要是氢聚合为氦时释放出的核能，一旦开始核反应，恒星的温度和光度便不再有太大的变化。由于恒星的化学成分中氢的含量最多，并且氢的聚合反应是以极慢的速度进行，因此恒星一生中几乎90%以上的时间要处于核内的氢燃烧阶段，即处于主序演化阶段。

我们的太阳是亿万颗主序星的代表，通过观测太阳的光谱得知它的大气成分含有大量的氢和氦，其中氢占71%，氦占27%，其他元素总共才占2%。这样丰富的氢核燃料足以使太阳维持几十亿年。

前已述及，在太阳内部，碳-氮循环与质子-质子循环两种核反应都发挥作用，而比太阳质量更大、更亮、更热的恒星基本上由碳-氮循环获得能量，比太阳温度低的恒星则主要通过质子-质子循环反应产生核能量。

不同质量的主序星在赫-罗图上的分布有一定规律。沿着主星序由左上方往右下方走，恒星的质量由大变小，温度由高变低，其质量与光度之间，以及质量和半径之间符合前述的质-光关系和质量-半径关系。在恒星的一生中，停留在主序星阶段时间的长短也取决于它的质量。质量越大的恒星引力越强，与这种

引力相平衡的内部压力和温度也越高。也就是说，大质量恒星相对质量小的星来说，热核反应进行得较快些，燃料消耗也较快，因此它们的青壮年期比较短。小质量恒星内部的热核反应进行得非常缓慢，燃料也消耗得慢，因此它们的青壮年期就长（表2.2）。例如，一颗质量为50倍太阳质量的星，在主序星阶段大约停留100万年；15倍太阳质量的主序星在主序阶段大约停留1500万年；而质量仅为0.2个太阳质量的恒星，在此阶段要停留1万亿年。太阳是个中等质量的主序星，在此阶段大约要停留100亿年，现在已度过了约45亿年～50亿年，所以太阳现在依然是颗风华正茂的青壮年星。

表2.2　主序星的表面温度、光度和在主星序演化阶段的寿命

恒星质量/太阳质量	表面温度/K	光度/太阳光度	在主星序的寿命/百万年
25	35000	80000	3
15	30000	10000	15
3	11000	60	500
1.5	7000	5	3000
1.0	6000	1	10000
0.75	5000	0.5	15000
0.5	4000	0.03	200000

6. 老年星——红巨星

主序星的氢聚变成氦的热核反应开始是在星体中心区进行的，随着氢的消耗，反应区向外推移，在星体的壳层开始燃烧。过了主序星阶段之后，恒星就开始走下坡路了。此后，恒星内部发生了剧烈的变化，中心区的氢几乎燃烧耗尽，变成了一个氦核。中心区停止了氢的热核反应后，它抗衡引力的辐射压力与气体压力开始减小，外层的物质在引力作用下向核心挤压，从而压

力加大，核心收缩。引力能转变为热能使核心区及其以外的壳层区温度增高，当壳层温度达到 10^7K 时，壳层的氢被点燃，开始氢聚变成氦的热核反应，推动外面的包层受热膨胀，使恒星体积很快增大上千倍以上，而表面温度下降。这时，恒星离开了主星序，演化为主序后星。

此后，壳层氢继续燃烧，核心区继续收缩，核心的温度更加增高。当温度达到1亿K时，核心的氦开始点燃，开始了氦聚变成碳的核反应。核心的氦燃烧和壳层的氢燃烧使包层继续膨胀，



图2.5　由哈勃空间望远镜拍摄的银河系的伴星系大麦哲伦云中的点点繁星，有的亮星是红巨星或红超巨星

体积继续增大，表面温度降到3000～4000K。离开主星序约5亿年后，由于恒星的体积增大，恒星的光度也随之增加，大约增加1000倍，有效温度约为3000K，半径可达太阳半径的数百倍，从而形成体积庞大的红巨星。例如"心宿二"（天蝎座α）的直径约为太阳直径的500倍。一般红巨星的光度是太阳的几十倍、几百倍，甚至几十万倍（图2.5）。

一颗恒星演变成红巨星，标志着它已进入暮年时期，成为老年星。红巨星得到充分演化时，在它的内部不仅氢原子核几乎全聚变成了氦原子核，而且氦原子核又进一步聚变成比它更复杂的碳原子核，然后会依次聚变成为氧、硅等元素的原子核，直到合成最稳定的元素铁为止（图2.6）。在铁核形成前，恒星的能量虽然不如氢聚变成氦的能量那么大，但却足以维持恒星发光发热的生命。然而从铁核中就不可能再获得能量了，至此恒星的一生

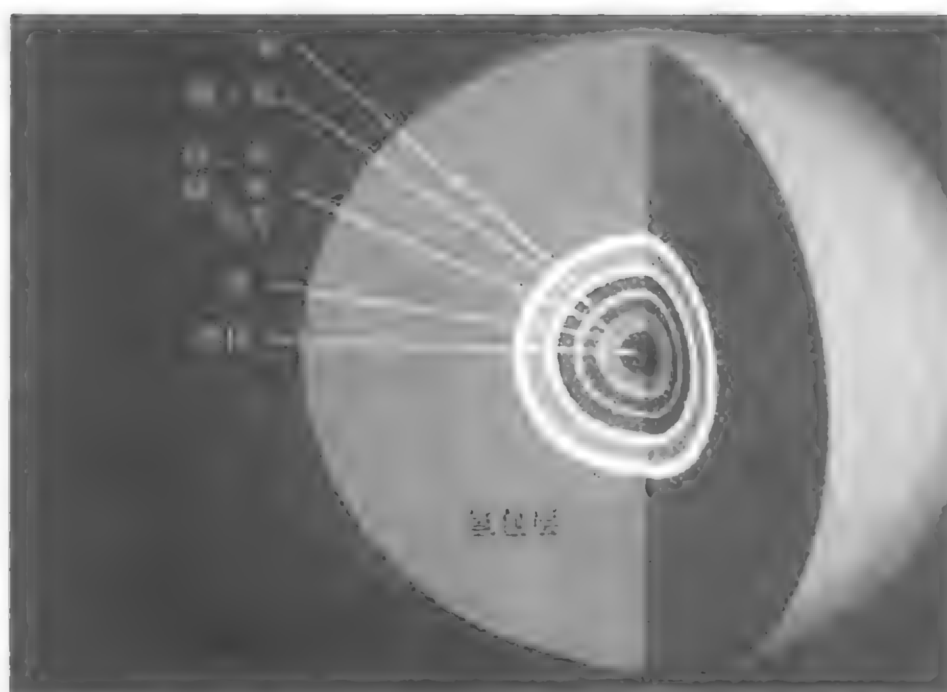


图2.6 大质量超巨星的内部结构：内核由铁核及包裹其外的由不同元素组成的"洋葱头外层"组成，内核外为巨厚的氢气壳层

就走到尽头了。然而，并非所有恒星内部的核反应都会演化到生成铁。如果质量较小，它的核心温度就不足以使较重元素的原子核发生聚变。

不同质量的恒星由主序星演化到红巨星经历的演化程也不相同，其演化的路径如图 2.7 所示。15 倍太阳质量的恒星演化到红巨星只需经历几百万年，而与太阳质量差不多的恒星则需要几十亿年。

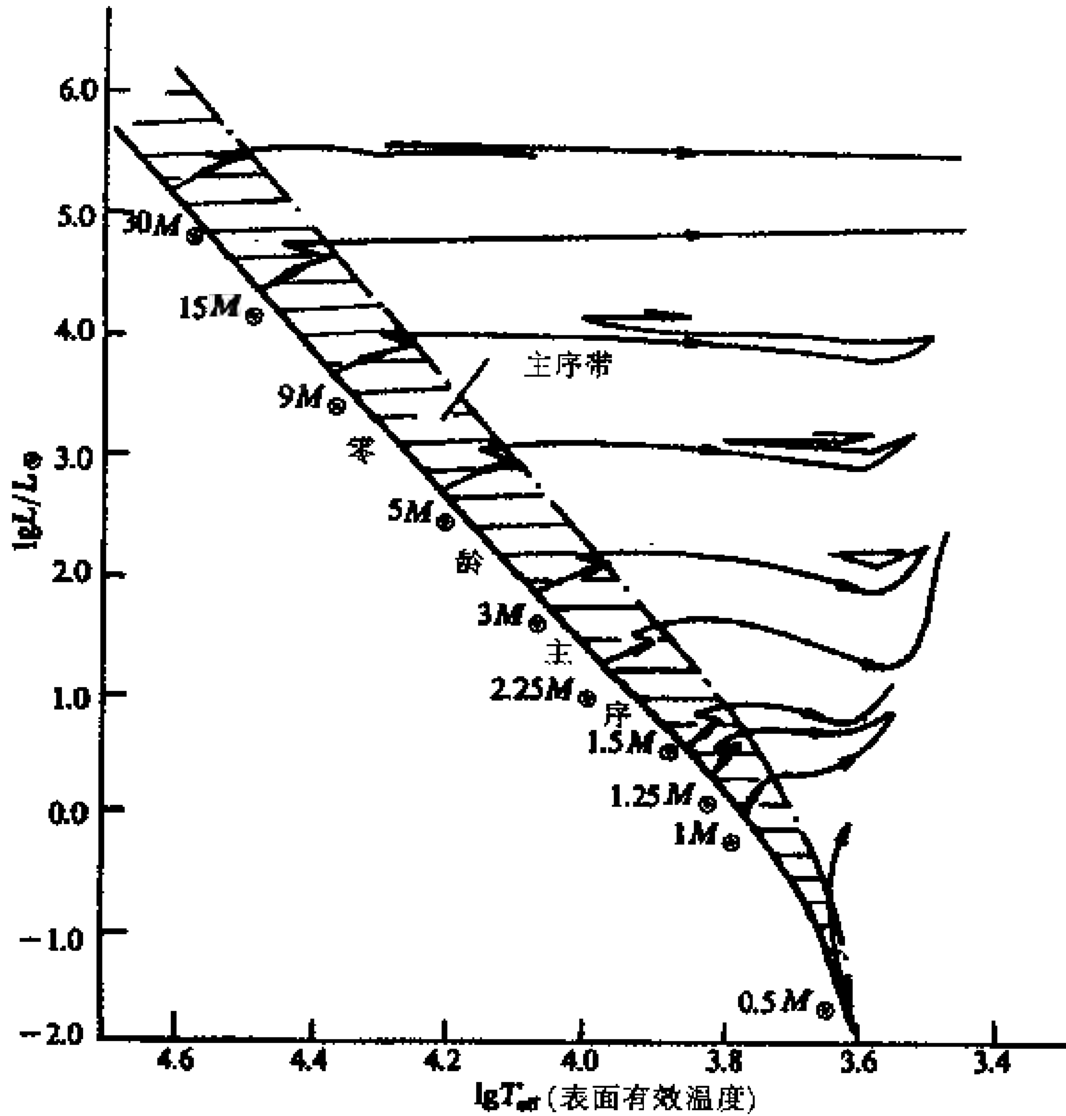


图 2.7　不同质量恒星从主序星到红巨星的演化程

一些红巨星，氦核温度升高到氦的燃烧点时，不像主序星那样稳定，会发生氦猛烈燃烧的“氦闪”现象，因而成为不稳定的星。当红巨星的内部变得太热，它向外的辐射压力大于自身的引力时，星体就会膨胀。热物质膨胀会消耗能量，从而使星体变冷，使其向外的辐射压力与气体压力逐渐减小，膨胀减慢。当膨胀停下来时，温度已变得太低，以致辐射压力与气体压力小于自身的引力，则又会出现收缩的趋势。于是，恒星周而复始地膨胀又收缩，出现脉动。脉动变星就是处于这个演化阶段的星。恒星在这不稳定期持续时间很短，表现在赫-罗图上，这一阶段的演化程又从右方向左方移动，经过一段恒星不稳定区。观测到的脉动变星几乎都处于这个不稳定带（图 2.8）。脉动变星不停地收缩、膨胀，经过一定阶段后又会恢复正常，因此脉动变星很像处于“更年期”的恒星。

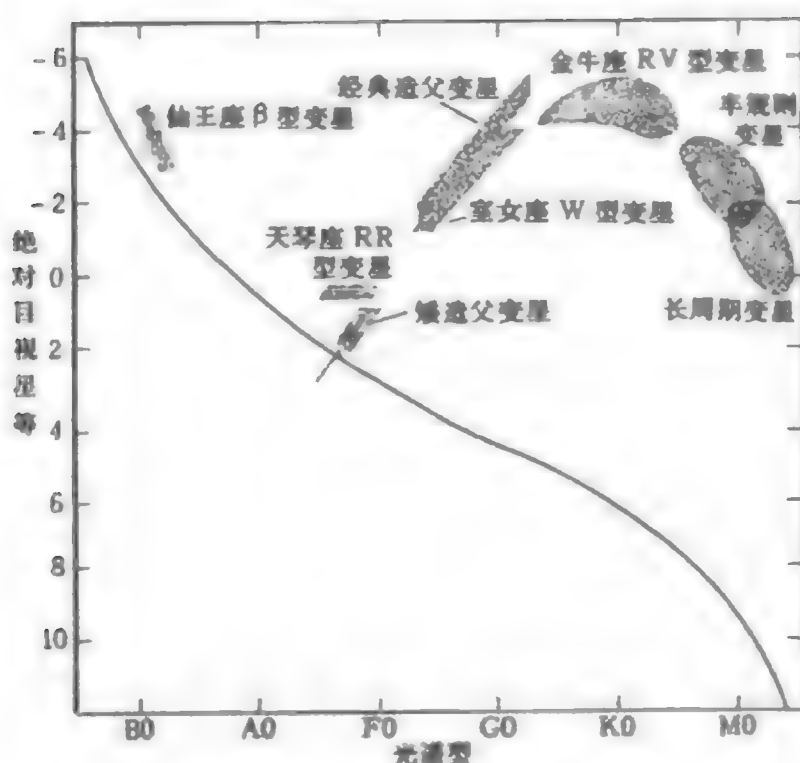


图 2.8　脉动变星在赫-罗图上的位置

7．恒星之死——各有归宿

恒星演化到晚期都要损失一部分质量，然后走向生命的终点。不同质量的恒星损失质量的形式不同，因而恒星之死各有归宿。观测事实和理论研究表明，质量大于 8 倍太阳质量的恒星结束生命的过程蔚为壮观，这就是恒星临终前的回光返照——超新星爆发。超新星爆发时星体发生灾难性的大塌缩，外壳物质被抛向四面八方，并携带出巨大的能量，其核心形成致密星。质量较小的恒星虽不能发生大爆炸，但也会在后期脉动过程中由于外层与核心分开并渐渐扩张，通过抛射物质损失质量，在星体外围形成行星状星云，而在其中心区最后形成致密星（图 2.9）。

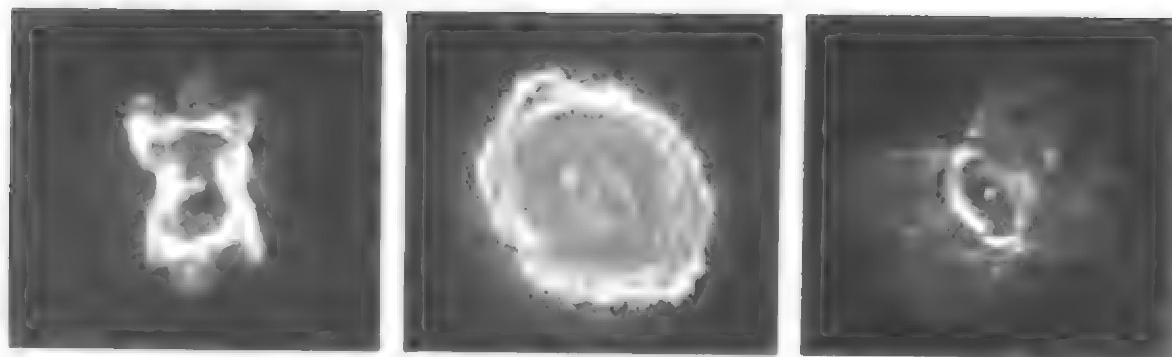


图 2.9　哈勃空间望远镜拍摄的三个行星状星云，它们形状各异，但都以死亡了的中心星呈明显的点对称

恒星在引力塌缩后形成哪一种致密星，主要取决于它前身星的质量和它损失质量后剩余质量的多少（图 2.10）。一般认为，对于质量小于 $8M_{\odot}$ 的恒星，当剩余质量小于 $1.4M_{\odot}$ 时，就形成白矮星，它是一种依靠简并电子的压力与引力平衡形成的星体。对于质量 $(8\sim25)M_{\odot}$ 的恒星，当剩余质量为 $(1.4\sim2.5)M_{\odot}$ 时，就形成中子星（脉冲星），它是一种依靠简并中子气的压力与引力相抗衡形成的星体。对于质量 $(25\sim100)M_{\odot}$ 的

恒星，当剩余质量大于 3.2$M_{\odot}$ 时，平衡态不能存在，星体将继续塌缩下去，形成黑洞。关于恒星演变的具体过程将在以下各章中分别介绍。

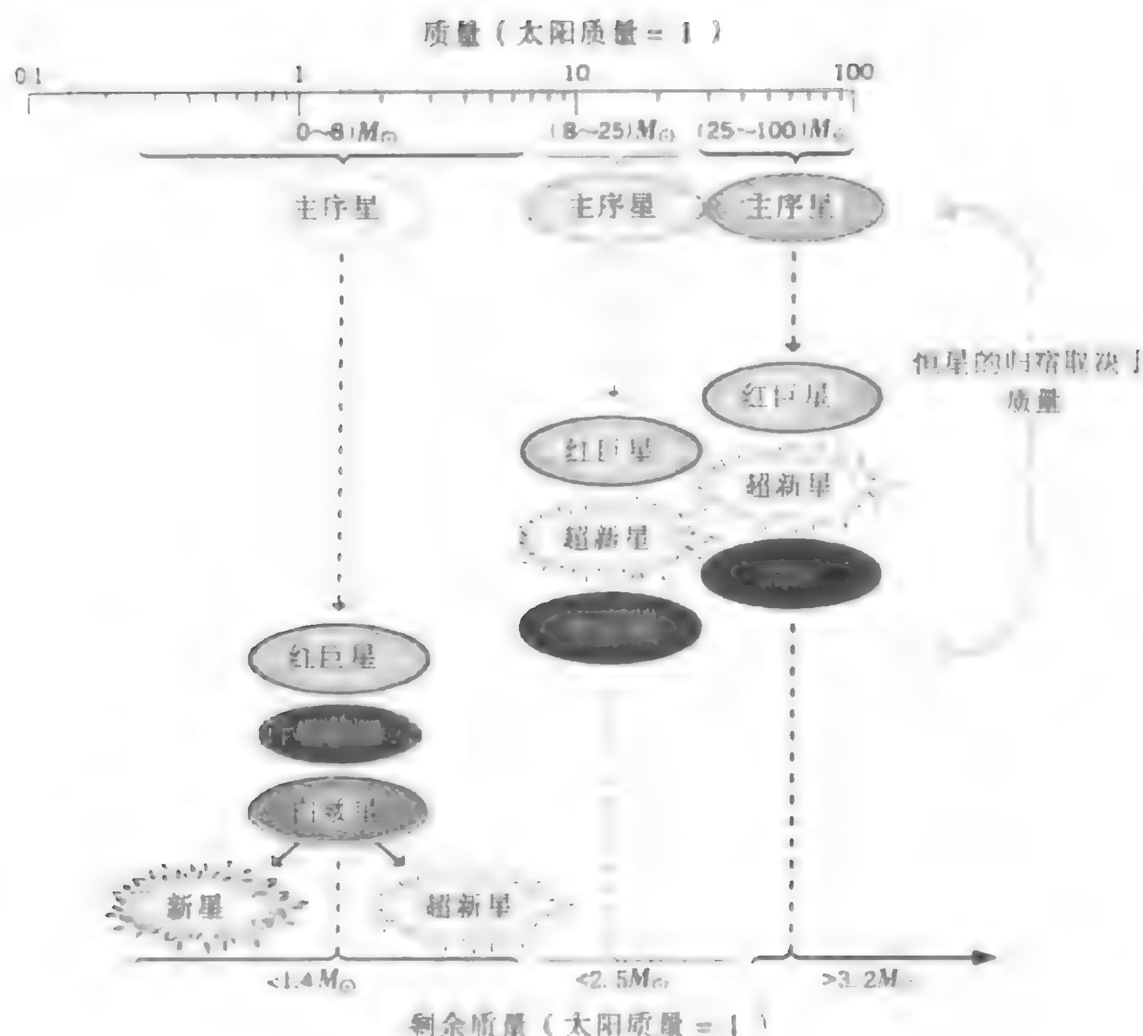


图 2.10　不同质量恒星的不同归宿

综上所述，恒星的生命历程可用图 2.11 来形象地描述：

① 在密集的星际云中星胎开始孕育；

②~③ 一些中等星际云块由于引力收缩物质加密，温度升高；

④ 星开始闪烁发光，原恒星形成；

⑤~⑥ 星云由碰撞而分裂形成星团，星团在自引力作用下

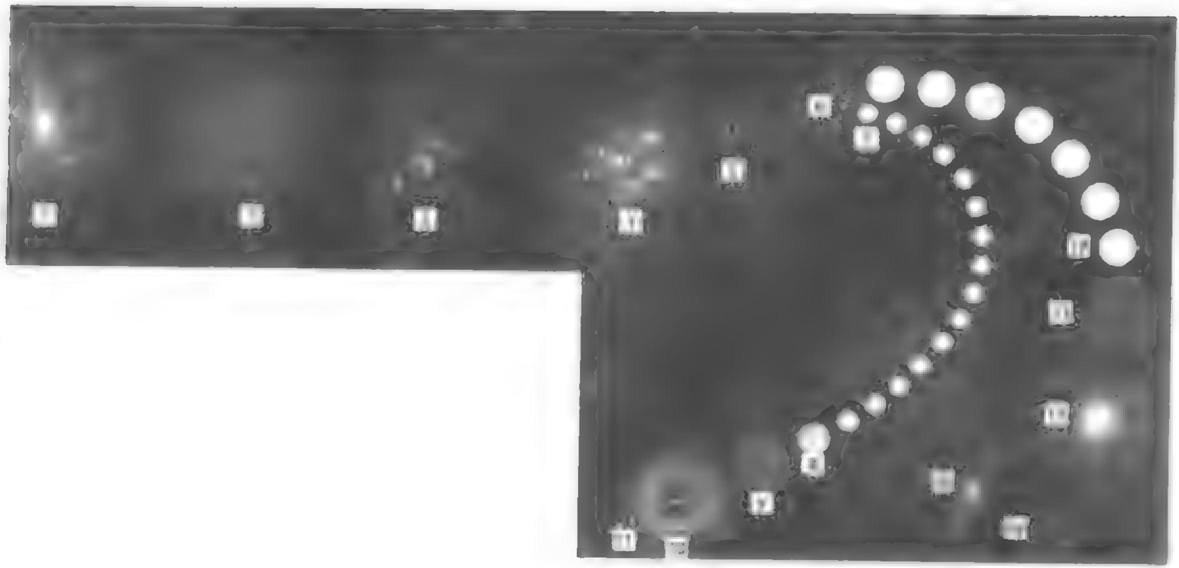


图 2.11　恒星的生命历程

崩溃，成为松散的恒星星协；

⑦ 类太阳星进入到主序星；

⑧ 主序星核心发生着氢聚变成氦的热核反应，并维持一个很长的时期；

⑨ 演变为红巨星；

⑩ 红巨星膨胀，最终外层消散四方形成行星状星云；

⑪ 气壳散开后核心留下老年星——白矮星；

⑫～⑬ 大质量红巨星的演化情况；

⑭ 超新星爆发；

⑮ 形成中子星；

⑯ 形成黑洞。

三 宇宙中的伴侣——双星

当你遥望绚丽多彩的繁星时可曾想到，恒星中竟有一半以上是双星？这些双星是宇宙中结伴而行的“情侣”，万有引力的“纽带”把它们连接在一起。它们互相绕转，休戚与共，呈现出神奇的演化图景。现今，只有对双星才能直接测定恒星质量，一些双星还为我们提供了双星轨道要素和恒星大小等重要信息。现在让我们去走访这一双双神秘的伴侣。

1. 异彩纷呈的双星世界

在双星系统中两个子星互相绕转，彼此之间有着物理联系的，是宇宙中真正结伴而行的伴侣，称为物理双星。如果两个星看起来在天球上离得很近，但它们之间没有物理联系，只是“貌合神离”，那叫做几何双星，它们不是真正的双星。双星系统中，两颗成员星都称为子星，较亮的那颗叫主星，较暗的那颗叫伴星。

在双星的家族中有形形色色的众多成员：亲密无间的密近双星，冷、热星同胞的共生星，中、青结合的大陵五型双星，中、老相依为命的激变双星（也称激变变星），以及包含有老年星（如白矮星、中子星和黑洞）伴侣的X射线双星等。它们各展风姿，呈现出一幅幅美妙、壮观的演化图景。

双星世界丰富多采，从人们观测到它们的方式的不同来划分，可分为目视双星、食变双星和分光双星三大类。而许多双星兼有两者的特点，如有的双星既是食变双星又是分光双星，既是目视双星又是分光双星等。按照双星的某些特殊性质又可将它们划分成许多类型。例如，两个子星距离较近并有物质交流的，叫做密近双星；经常发生激烈的恒星活动现象(如黑子活动、耀斑爆发等）的双星系统，叫做色球活动双星，它们可能是分光双星，也许还是食变双星；系统具有强的X射线辐射的双星，叫做X射线双星；等等。下面我们对几种主要类型的双星分别介绍。

2. 美丽的目视双星

直接用眼睛或通过望远镜就能分辨出是两个子星的叫目视双星。目视双星的两个子星相距较远，互相绕转的轨道周期较长，一般在一年以上，也有十几年甚至几百年的。我们的祖先很早就

用肉眼直接观察出北斗星的开阳星是一个目视双星，并把伴星命名为“辅”星。17世纪初望远镜用于天文观测后，发现开阳星的两个子星互相绕转，并推测出它们的轨道周期约为60年。著名的天狼星A和它的伴星天狼星B也是一对目视双星，轨道周期为50年。明亮的目视双星室女座γ（东上相）是由亮度几乎相等的两个子星组成的，它们的绕转周期更长，为171年。表3.1列出了一些亮的目视双星。

表3.1 一些亮的目视双星

星名	赤经 α (时 分) 2000.0	赤纬 δ (度 分) 2000.0	ρ/角秒	P/年	π/角秒	子星1		子星2	
						星等 m	光谱型	星等 m	光谱型
仙后座η (η Cas)	00 49	+57 49	11.99	480	0.17	3.44	G0 V	7.18	K5
波江座o^2 (o^2 Eri)	04 15	−07 40	6.89	247	0.201	9.62	F2 Ⅲ	11.10	KeⅣ
天狼星 (α CMa)	06 45	−16 43	7.62	49.9	0.379	−1.47	A1 V	8.64	DA
南河三 (α CMi)	07 39	+05 14	4.55	40.6	0.287	0.34	F5Ⅳ	10.64	DF
牧夫座ε (ε Boo)	14 45	+27 05	4.88	150.0	0.118	2.70	K0 Ⅱ-Ⅲ	5.12	A2 V
武仙座ζ (ζ Her)	16 41	+31 36	1.38	34.4	0.104	2.82	G0Ⅳ	5.54	dK0
蛇夫座70 (70 Oph)	18 05	+02 30	4.55	87.8	0.199	4.02	K0 V	8.49	K4
飞马座85 (85 Peg)	00 02	+27 05	0.83	26.3	0.080	5.75	G3 V	8.85	—

注：坐标赤经 α、赤纬 δ 为双星中主星的位置；星等 m 为视星等；P 为双星轨道周期；π 为周年视差。

由目视、照相或用光斑干涉的方法可以测定双星的运动轨道要素：轨道倾角、轨道半长轴、椭率、轨道周期和过近星点的时刻等。测定目视双星运动轨道要素的方法是，先测量它们在天球上分开的角距离 ρ 和方位角 θ(即主星和伴星的连线与南北连线的夹角)，再根据双星离我们的距离进行计算。现代测量双星的角距离和方位角多采用光斑干涉方法，但这种方法须要有大于 4 米口径的望远镜才能进行观测。

天文爱好者一般拥有小口径望远镜，可采用目视观测方法。观测目视双星的望远镜的目镜必须是测微目镜，也叫目镜动丝测微器。动丝测微器通常是由一个冉斯登型的目镜配有可读出读数的、能调节的十字丝所组成，在视场里可以看到有一个固定的十字丝及一个可移动的竖丝。通过大量观测，可测量两个子星在不同时间、不同位相时在天球上的角距离和方位角。如果观测资料能概括或接近一个双星的轨道周期，就可根据测量的 ρ 和 θ 值绘出目视双星的视椭圆轨道，代入轨道方程式后即可计算出它的轨道要素。目视双星的目视观测方法可见本套丛书的《我爱天文观测》分册。目前，已确定轨道要素的目视双星约有数万颗。

3. 奇妙的食变双星

有些双星看起来是一个星，但是根据它们的轨道运动、亮度变化可推测出是双星。这种由于两个子星互相遮掩发生掩食效应引起光变的叫食变双星。食变双星的两个子星相距很近，当观测者的视线与双星运动的轨道面接近平行时，会看到两个子星互相掩食，如同日、月食一样。由此可通过光电测光或 CCD 测光观测它们的光度变化，并研究它们光变曲线的特点，从而测定双星的轨道参数。

大陵五食双星　大陵五食双星曾被古人称为“魔鬼之首”，

阿拉伯人把它叫做“不安静的鬼神”；直到1782年，18岁的英国聋哑青年天文爱好者约翰·古德利克才揭开了它的秘密。1782年11月12日，古德利克发现这颗星比平时暗了6倍，但到第二天又恢复了正常。古德利克通过大量的观测发现了它的光变，并正确地推测出它的光变周期。他指出，可能由于另一个大天体绕着它转，遮住了它的一部分，因而引起了光度的变化（图3.1）。直到100年后，人们才相信了他的解释，这使这位英年早逝的天才享誉世界。大陵五的光变周期是2.87天，后人观测到它的光变还有更短时标的变化。它的光谱中有发射线，推断其中有一个子星周围可能有气环。目前，人们对它有类似太阳活动现象（黑子活动、耀斑等）、自转与公转的同步性，以及系统内有无吸积盘等问题报以极大关注。



图3.1　食变星的光变原理。1与5，伴星被主星遮挡，光变曲线为主极小；3，主星的一部分被伴星遮挡，光变曲线为次极小；2与4，两个子星都能观测到，光变曲线为极大

渐台二(天琴座β)食双星　它也是一颗著名的食变双星，它的两个子星的视星等分别为3.38等和4.29等，轨道周期为12.9天，主星是一个光谱型为B8的早型星。现代观测表明，此双星系统中有强大的气流从主星抛出被伴星捕获，有的物质

被抛到双星系统之外，这是近年来天文学家研究的热点之一。

大熊座 W 食双星 它是颗密近双星，两个子星的视星等分别是 8.5 等与 9.2 等，光谱型都是 F8 主序星；轨道周期较短，仅有 0.3336 天，即 8 个多小时就转一周。现代观测表明，这个双星系统内两个子星之间有频繁的物质交流，它的活动现象、周期变化及物质交流受到广泛关注。

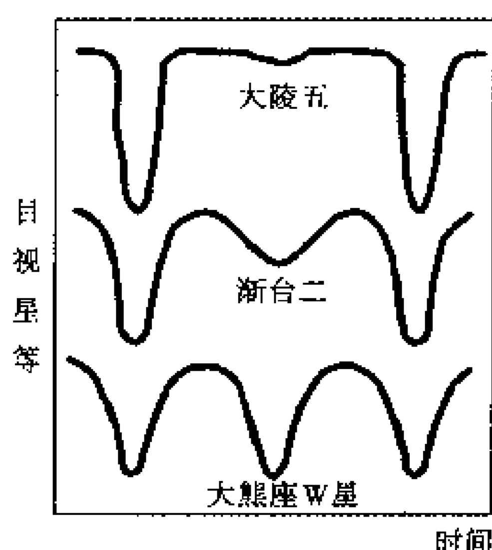


图 3.2 三颗典型食双星的光变曲线

食变双星分为三类，上述列举的三个食变双星分别为各类食变双星的典型星（图 3.2）。第一类称为大陵五型食双星（EA），其光变曲线的特征是有明显的主极小（较深的）和次极小（较浅的），而食外光变曲线（即在主极小和次极小之间的曲线段）较为平滑。光变周期范围在 0.2 天至几年，光变幅度各不相同，大的可达几个星等。

第二类是渐台二型食双星（EB），它们的光变曲线在主、次极小之间不那么平直，而是弯曲得多，主极小比次极小明显地深。光变周期一般长于一天，光变幅小于 2 等。

第三类是大熊座 W 型食双星（EW），它们的光变曲线类似一个英文字母 W，主极小和次极小的深度几乎相等，光变周期短于一天，光变幅小于 0.8 等。这类双星两个子星之间有频繁的物质交流，所以也属于密近双星。

4. 分光双星和冷、热星同胎的共生星

有一类双星，直接用眼睛或通过望远镜看到的是一颗星，但

光谱观测发现，其谱线具有周期性的多普勒位移，从而判断出存在两子星间的轨道运动，人们称它们为分光双星。

如果伴星比主星暗得多，只能观测到一颗星的光谱，即只有单线呈现出周期性的多普勒位移的，称为单谱分光双星；如果两颗子星亮度差不多，我们便能观测到两个子星的光谱，即观测到谱线成双，且有时合二为一，有时分离，呈周期性变化，这类双星叫双谱分光双星。由谱线的多普勒位移的变化可以测定子星的视向速度，从而可确定双星的轨道运动。目前，天文学家已发现和测定了约1500个分光双星的轨道运动要素。图3.3示出了分光双星的观测原理。

在分光双星中，有一类双星系统内的成员星一个冷、一个

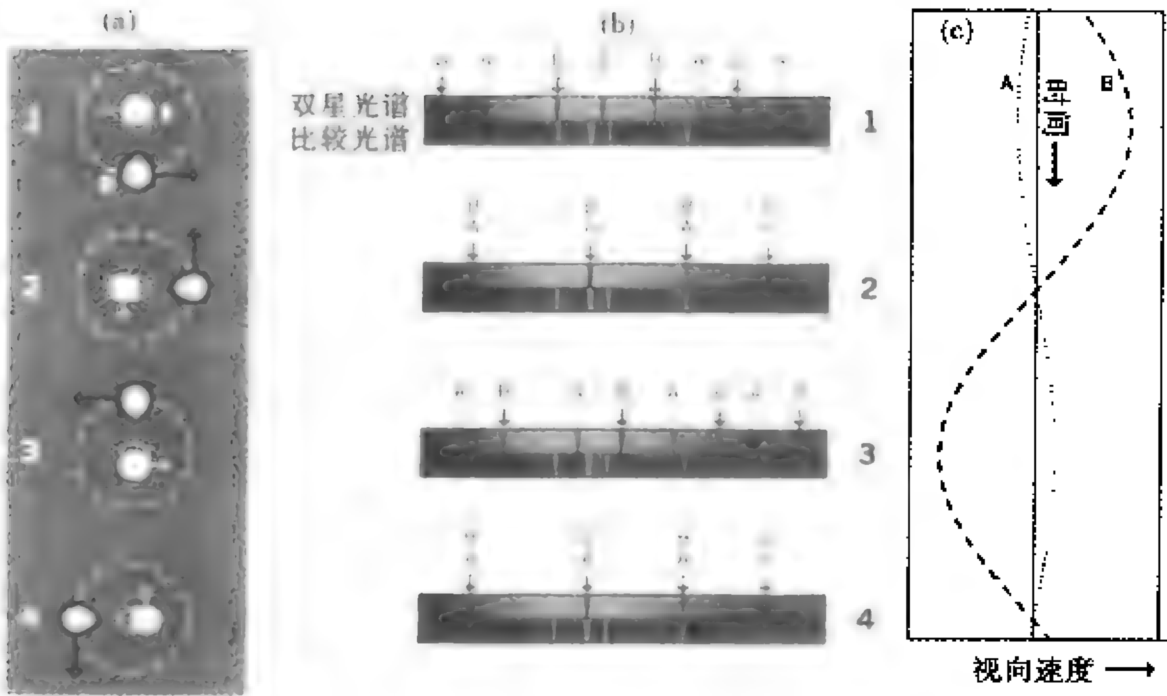


图3.3　分光双星谱线的多普勒位移和视向速度的周期性变化。(a) 双星系统的两个子星A与B的轨道运动；(b) 观测到的双星光谱线的周期性变化，每个光谱图上部为双星光谱、下部为实验室的比较谱；(c) 两个子星的视向速度曲线，箭头方向表示朝向观测者运动

热，光度变化陆离，可谓双星中的“怪胎”，这类分光双星叫共生星。例如，仙女座Z双星、天鹅座CI双星都是冷热共存的共生星。一般而言，共生星系统是由一颗红巨星（或红超巨星）和一颗主序星（或白矮星甚至中子星）组成的。这种冷、热不同的孪生“同胞”究竟是如何诞生的，它们又如何共处一生，目前还是一个谜，也是目前天文学家研究的重要课题。

5. 色球活动双星

色球活动星大都有类太阳的活动现象，而且其表面活动现象比太阳活动来得更剧烈，更频繁。现代多波段的观测研究已揭示，色球活动双星表面常有特大的黑子群出现，并常发生白光耀斑爆发和谱斑活动等现象。在这类双星的紫外（UV）谱中，发现有许多色球过渡区发射的高次电离金属发射线，如在可见光谱区的一次电离钙（CaⅡ）的H、K线有核心发射，氢的Hα谱线有发射或者是发射填充的吸收线；在射电波段常发生射电闪耀事件，并且伴有X射线的发射。

1976年美国天文学家海尔指出，光谱中一次电离钙的H、K线的核心发射强弱，是反映色球活动双星活动性的重要判据。这类星的光谱型从A型到M型都有，光度型有矮星、亚矮星和巨星。1993年出版的《色球活动双星表》汇总了206个色球活动双星系统的重要参量。RS CVn双星和BY Dra双星是典型的色球活动双星。活动性强的色球活动星的光谱，不仅一次电离钙的H、K线核心发射较强，而且Hα线也是发射线或一部分发射填充了的吸收线。依据这类双星光谱中谱线轮廓的变化，可以研究恒星活动的规律和机制。例如，HR 1099是颗著名的色球活动双星，由其谱线轮廓的变化及活动引起的视向速度变化，可研究其表面黑子活动的图像。

6. 亲密无间的密近双星

在双星世界中引人注目的还有密近双星，它们的两个子星“亲密无间”，相互之间有频繁的物质交流，大熊座 W 型密近双星就属于这类双星。

按照鲁塞的密近双星模型理论，这类双星的两个子星之间相接或几乎相接，并且有一公共对流包层，两个子星间有物质气流交换，像是个亲密无间的“联体双胞胎”。密近双星系统内的两颗子星最初一般都是主序星或接近主序的星，但随着时间的推移将逐步演化。有的密近双星两子星之间不仅有频繁的物质交流，而且还有磁场相互作用和角动量转移等，常伴随有激烈的恒星活动（黑子群、耀斑爆发等）。有些密近双星系统，如渐台型双星和大陵五型双星系统，虽然两个子星不相接或半相接，但也存在着物质的交流。

激变双星也是密近双星系统，其轨道周期一般在 1 至 10 小时。由于系统常发生恒星的激烈活动，所以叫做激变双星或激变变星。在其双星系统中包含一颗白矮星（主星）和一颗晚型星（伴星），伴星的物质受白矮星的吸积流向白矮星，并在其周围形成一个旋转的吸积盘。由于气流不断冲击吸积盘及吸积盘与白矮星之间不断相互作用，于是频繁出现激烈的爆发活动。

（1）密近双星的洛希模型

通俗地说，洛希模型是用于描述密近双星系统中物质的受力和气流运动状况的模型，它是 19 世纪中期由法国数学家爱得华·洛希建立的，并沿用至今。洛希理论把子星看作是聚集了子星质量的两个质点，它们的引力作用也用质点的情况来考虑，由此可计算系统内一质点在双星间的运动。

图 3.4（b）给出了双星的洛希等位面，它是对于各子星而言位能相同的曲面，离球心近处为球形，远离球心处为椭球形。

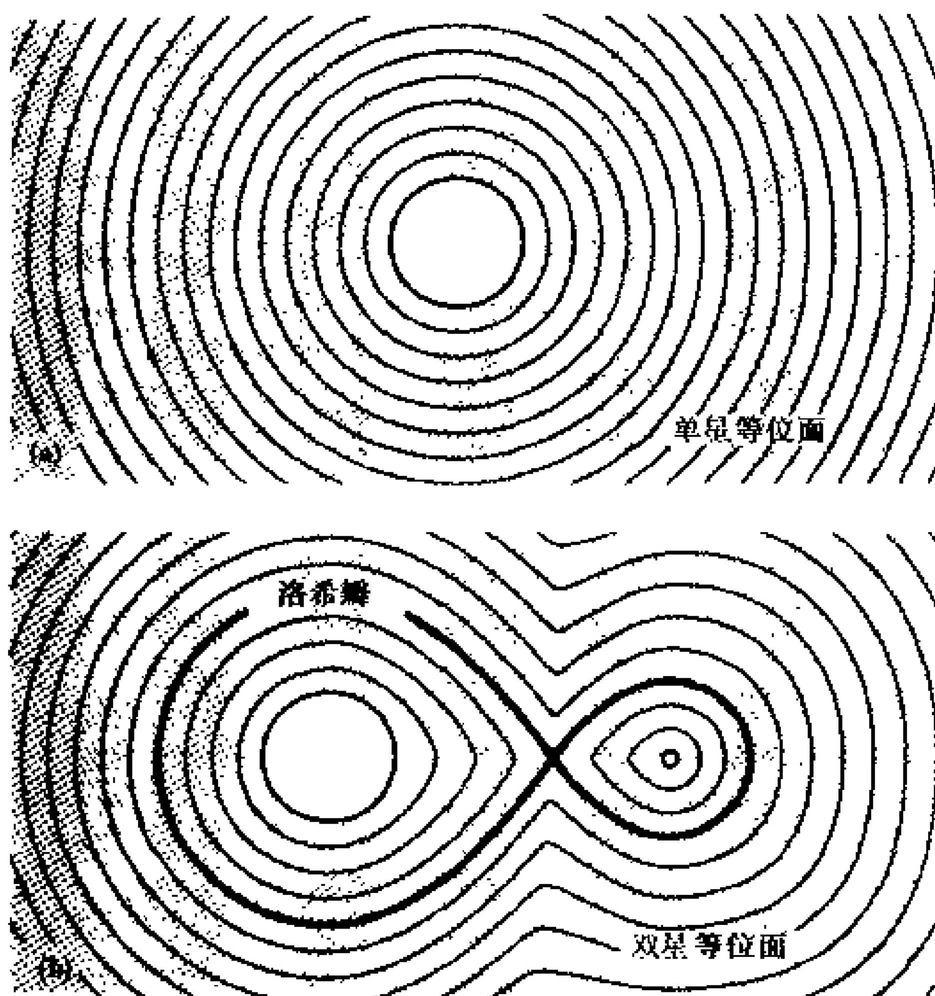


图 3.4 双星的洛希等位面。(a) 单星的等位面呈球形；
(b) 双星系统的等位面呈哑铃形

在这一族等位面中有一个是包络两个子星并相接的等位面，它的外形像个哑铃，叫做洛希内临界等位面，也叫洛希瓣。此面上的任意质点受到的各方面的力相平衡，所以也叫零速等位面。内临界等位面决定了子星演化后表面的最大形状和界限。两个子星的等位面的内交点（L_1）叫做拉格朗日内点，两个子星之间的物质交流必然要通过它；包络两个子星的另一等位面叫做外临界等位面，其上有一个交点叫拉格朗日外点（L_2），气流可通过拉格朗日外点逃逸出双星系统，所以它是物质流出双星的“溢口”(图 3.5)。由于洛希双星模型很好地解释了双星内部气流的运动规律

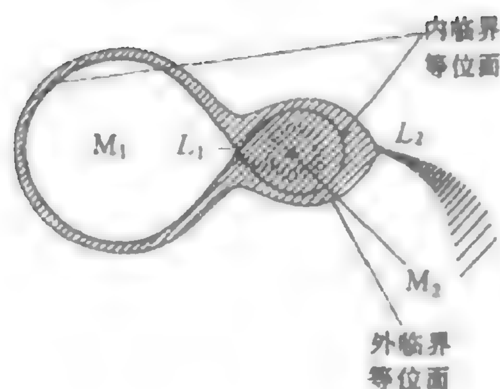


图 3.5　双星的洛希模型

和演化状况，至今仍是研究双星结构和演化的理论基础。

（2）密近双星的演化

双星的演化历程取决于两个子星的质量和相对位置及相互作用。在密近双星的演化过程中（图 3.6），质量较大的子星（主星）比质量较小的子星（次星）演化得快，主星先膨胀为红巨星，随着膨胀其物质逐渐充满了洛希内临界等位面，此时气流溢出并受到次星的吸积，气流通过拉格朗日 L_1 点流向次星，结果使次星的质量逐渐增加，主星本身的质量减小。当次星的物质也充满了它的洛希内临界等位面时，气流有反流动，即由次星流向主星，两个子星之间的气流往返多次之后，最终两个子星相接，

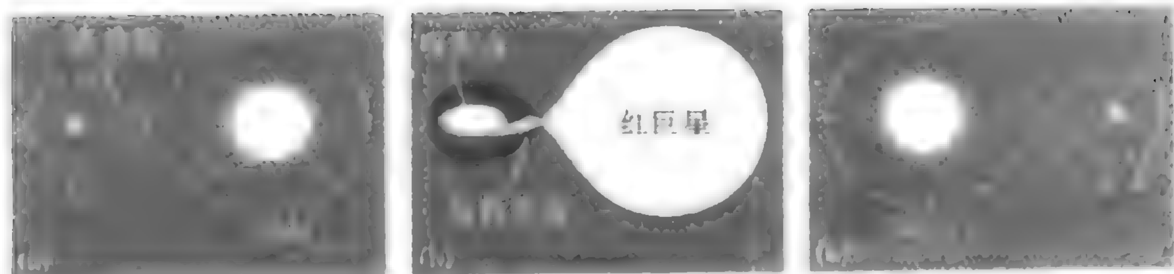


图 3.6　密近双星的演化。(a) 主星（具有 20 个太阳质量）演化快；(b) 主星膨胀为一个红巨星；(c) 红巨星的物质向次星转移后成为质量较小的星，次星成为质量较大的星

共同拥有一个公共的大气包层（如 W UMa 食变双星）。系统内有些物质从拉格朗日 L_2 点逃逸出双星系统，当大部分物质流失到太空后，双星的伴侣生活也就结束了，最终作为单星继续它的漫漫一生。

7. X 射线双星

近几十年来，随着空间天文学的飞速发展，发现了一批 X 射线双星。例如，1970 年 12 月 12 日发射的“乌呼鲁”卫星、1977 年发射的高能天文台 1 号和高能天文台 2 号卫星，以及 1988 年德国、美国和英国共同发射的伦琴 X 射线卫星（ROSAT）上天后，在银河系发现了 3000 多个 X 射线源，在河外星系仙女座大星云中发现了 80 多个 X 射线源，同时也发现了一批 X 射线双星。1999 年 7 月 23 日由美国航天局发射的昌德拉 X 射线天文台，以及同年 12 月欧洲空间局发射的 X 射线反射镜航天器正在飞行，它们将会提供我们更多的关于 X 射线双星的佳音。

武仙座 X-1、天蝎座 X-1、天鹅座 X-1 和半人马座 X-3 星等都是著名的 X 射线双星。此类双星系统包括一个致密星（中子星、白矮星或黑洞），一个光学子星；光学子星的物质被致密星吸积，物质高速流向致密星，并激发其产生 X 射线，所以叫做 X 射线双星。

由卫星接收到的武仙座 X-1 的 X 射线是一系列间隔为 1.24 秒的脉冲（图 3.7），且它们的脉冲间隔并非一成不变，而是以 1.0071 天的周期呈现出疏密变化的循环。这使人们推测，此 X 射线源是在绕某一子星运转，1.7001 天公转一周。1972 年，“乌呼鲁”卫星果真观测到武仙座 X-1 的 X 射线脉冲每隔 1.0071 天有一个大约 5 小时的空缺，这反映那时 X 射线源被另一子星遮掩。进一步的观测还发现，大约 5 小时的空缺出现后，接下来有

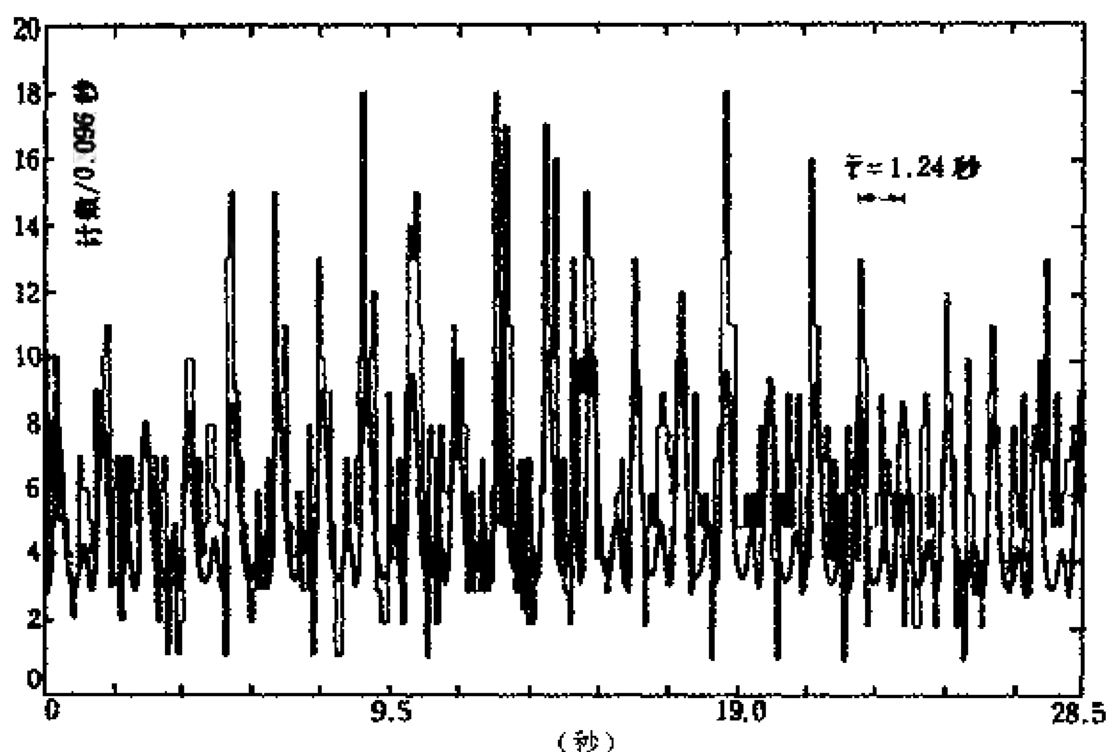


图3.7 武仙座X-1的X射线脉冲辐射

23天X射线完全消失；再往后，又继续重复这一过程。这又是怎么回事呢？原来这颗X射线星活动性很强，其X射线有时增强有时消失。天文学家还发现，武仙座HZ变星距这颗X射线源很近，原来它就是与这颗X射线源组成双星的那个子星，它的光变是X射线源对它照射加热的结果。当它被掩食时，若被加热的子星半球背着我们，就会看到武仙座HZ星变暗；反之，当它加热的半球面向着我们时，则会观测到武仙座HZ星增亮。

对于天鹅座X-1，没有观测到X射线强度有交食现象的变化，但通过对它的光学对应体研究揭示了它的双星性质，它的光学子星谱线有周期性的多普勒位移，周期为5.6天。双星系统中一颗子星为B0型超巨星，另一颗子星是看不见的X射线源，据推算这个X射线源的质量约为10～15个太阳质量，这个质量大大超过了中子星、白矮星的质量上限。天鹅座X-1发射的X射线在1%秒以内有不规则起伏，这表明这个X射线源转得很快，

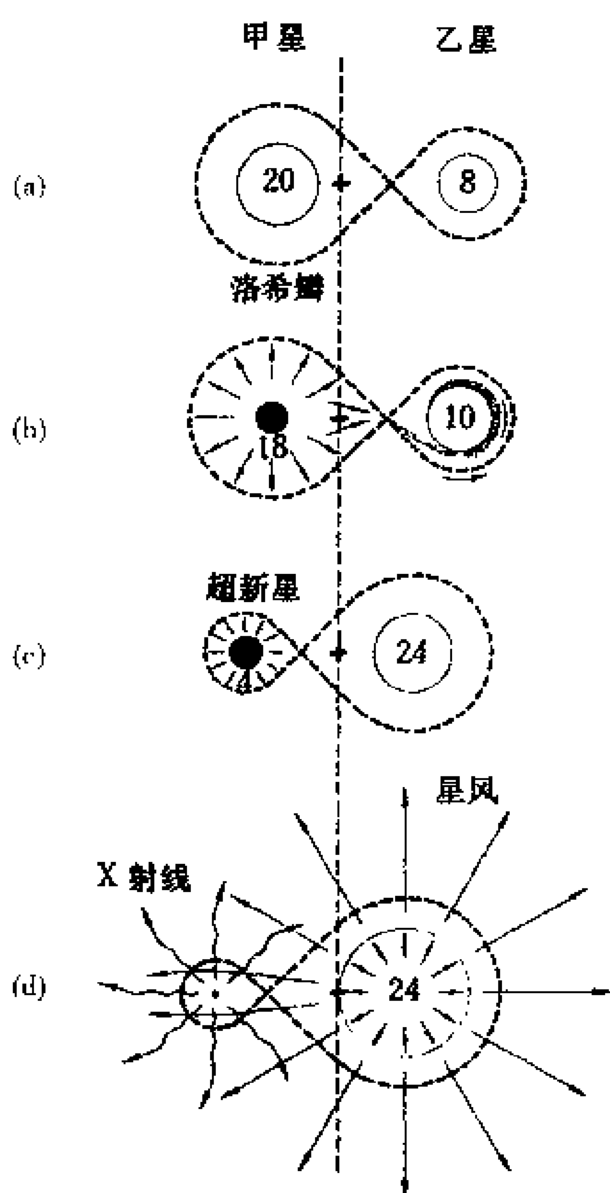


图 3.8　X 射线双星的一种演化模型

发射区的面积很小，约小于太阳半径的 1%，而发射 X 射线需要几百万度的高温，由此天文学家认为，X 射线双星中发射 X 射线的子星一定是一颗致密星，因为只有密度极高的致密星才会有强大的引力使落向它的物质以极高的速度撞击星面，从而产生几百万度的高温而激发出 X 射线。天鹅座 X－1 双星系统中的 X 射线源很可能是个黑洞。

X 射线双星的 X 辐射是某些密近双星演化的必然结果，图 3.8 给出了 X 射线双星的一个演化模型，说明了由甲星和乙星（分别是 20 倍太阳质量和 8 倍太阳质量的主序星）组成的双星系统演化为 X 射线双星的过程。图中：(a) 甲星（具有 20 个太阳质量）、乙星（具有 8 个太阳质量）组成的双星系统；(b) 质量大的甲星演化快，很快耗尽核心的氢燃料演化为红巨星，当其物质充满洛希瓣后溢出并被乙星吸收；(c) 甲星发生超新星爆发，留下一个中子星；(d) 乙星演变成超巨星，其抛射物被中子星吸积，向中子星高速下落的物质激发出 X 射线。

四 奇妙的变星和宇宙中的“明星”——超新星

在恒星大观园中有一类光度起伏变化的星，叫做变星。它们有的光变神速，有的光变迟缓；有的光变稳定，有的变幻迷离；形形色色，奇妙无穷。变星大都处于恒星演化的不稳定阶段，其光变之中蕴藏着有关恒星结构和演化的丰富信息；其中的造父变星，更可作为标准烛光在量度星团、星系距离方面发挥重要作用。让我们走进变星的家族，去探寻变星的奥秘。

1. 形形色色的变星

绝大多数变星都位于赫-罗图中主星序与红巨星分支之间的一条不稳定带上（图 4.1）。早期观测到的大多是银河系内的变星，哈勃空间望远镜升空后，才揭示了越来越多的河外星系里变星的奥秘。由于天文学家的努力探测，目前已使 3 万多颗变星榜上有名，大量的变星“新秀”不断涌现。例如，船帆座 η 就是哈勃空间望远镜新发现的变星（图 4.2），从 1997 年 10 月至 1999 年 2 月的 14 个月，其亮度增加了近 1 倍。

变星的光变形式多姿多彩，天文学家按照变星的光变原因把

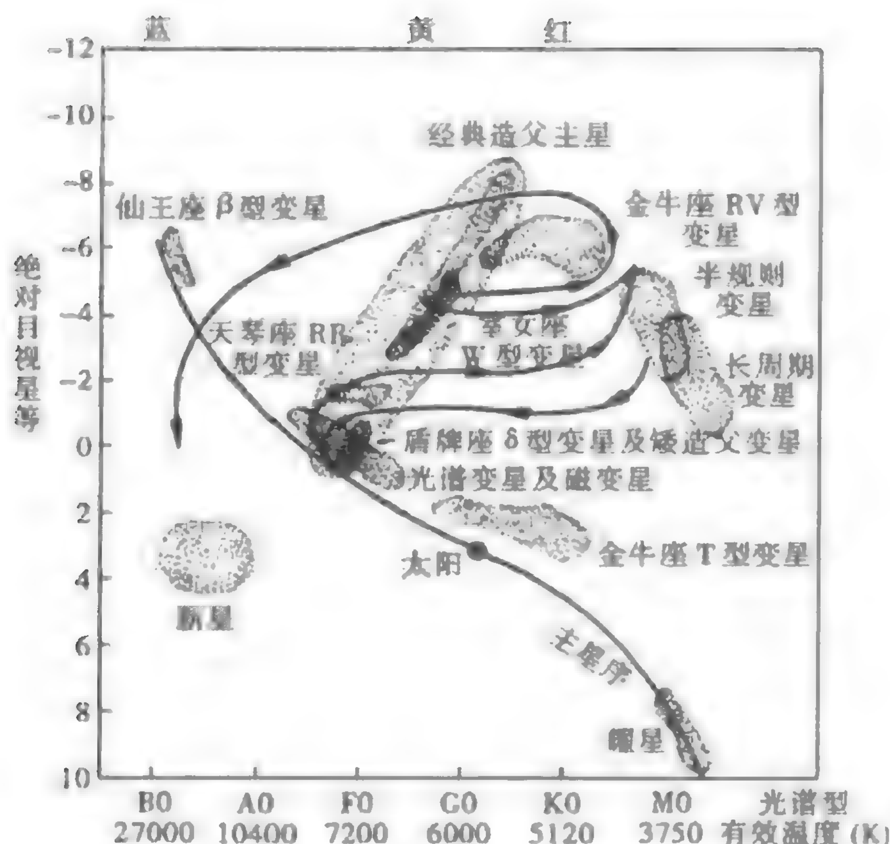


图 4.1　各类变星在赫-罗图上的位置

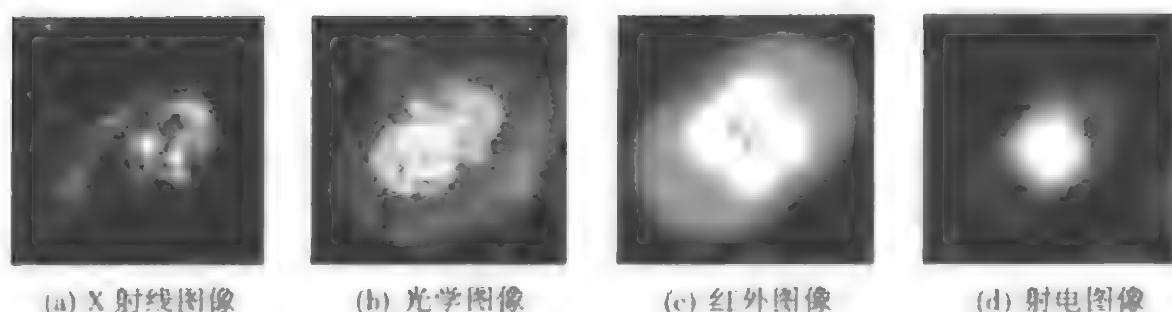


图 4.2 船帆座 η 变星在在 4 个不同波段的图像

它们分为物理变星和几何变星。物理变星有脉动变星、爆发变星、激变变星、灾变变星、不规则变星等；几何变星有食变星（即食变双星）和自转变星等。

脉动变星：自身不断膨胀和收缩，即不停地脉动而引起光度变化。造父变星、天琴座 RR 型变星、盾牌座 δ 型变星等都属脉动变星。

爆发变星：色球或冕中经常发生激烈的黑子活动或耀斑爆发，并由此引起星风和光变，光度突然增亮可达几个星等。这类变星有金牛座 T 型变星、后发 γ 型变星、北冕座 R 型变星、鲸鱼座 UV 型变星等。

激变变星：经常发生激烈的活动，但还达不到灾难性的爆发程度的变星，如新星、再发新星、矮新星和类新星等均属此类。

灾变变星：这类变星由于热核爆炸发生灾难性的爆发活动，超新星的爆发就属此类。

不规则变星：光度变化不规则，光变幅一般在 1 至 3 个星等。由于它们总和星云物质在一起，所以也叫星云变星。这类变星是一些年轻的不稳定星，如猎户座星云型变星。

自转变星：由于表面亮度不均匀，或者由于呈椭球形状，自转起来会使我们观察到亮度变化。如室女座 α 星、后发座 FK 和金牛座 CM 等都属此类。

磁变星：具有很强的磁场，且其磁场具有周期性或非周期性

的变化。有的磁变星是双星系统，其内的白矮子星的磁场强度高达 10^4 特斯拉。磁变星的主要特征是在光学或近光学波段的线偏振和圆偏振辐射很强。大多数磁变星属于 A 型光谱型特殊星，其金属丰度比太阳的金属丰度大。这类星的光度和光谱有周期性或完全不规则的变化，且它们同磁场强度的周期性或非周期性变化有关。一般认为，磁变星的磁轴与自转轴方向不一致，这是观测到磁场强度的有周期性变化的原因。室女座 78、武仙座 AM、鹿豹座 53 星和著名的老人星都是磁变星。

2. 脉动变星

（1）神奇的脉动变星

造父变星　约翰·古德利克发现大陵五是食变双星之后两年，又捷足先登于 1784 年发现了仙王座 δ 星的亮度变化。这颗星的中文名叫造父一，它的光变周期约为 5.4 天，变幅从 4.4 等变到 3.7 等，是脉动变星的一类（图 4.3）。后来，人们又发现许多这种类型的变星，统称为造父变星。造父变星的光变周期在 1 天至 135 天之间，光变幅度是百分之几至 2 个星等，表面温度大约 5300K。

目前，已观测到约 15000 颗左右造父变星。按照光变周期的长短，造父变星可分为长周期造父变星（又分为经典造父变星和室女座 W 型变星两个次型）和短周期造父变星（以天琴座 RR 型变星为代表）。经典造父变星是些年轻的星，以“造父一”为代表；而室女座 W 型变星都是些老年星，以室女座 W 变星为代表。

脉动变星光度的变化与它表面膨胀、收缩的周期有关。在脉动过程中，星的光度、有效温度、光谱型、视向速度、半径等都发生变化。有趣的是，这类变星随着亮度变化其颜色也发生改变，且随着星体的一胀一缩，光谱中的谱线有周期性的来回摆动

（多普勒位移），其视向速度的变化曲线形状与光变曲线形状相似，但视向速度曲线的极大值对应着光变曲线的极小，即两者呈镜像。这意味着，星体膨胀到最大时（即视向速度最大），星最暗；当星体收缩到最小（视向速度最小）时，星最亮。

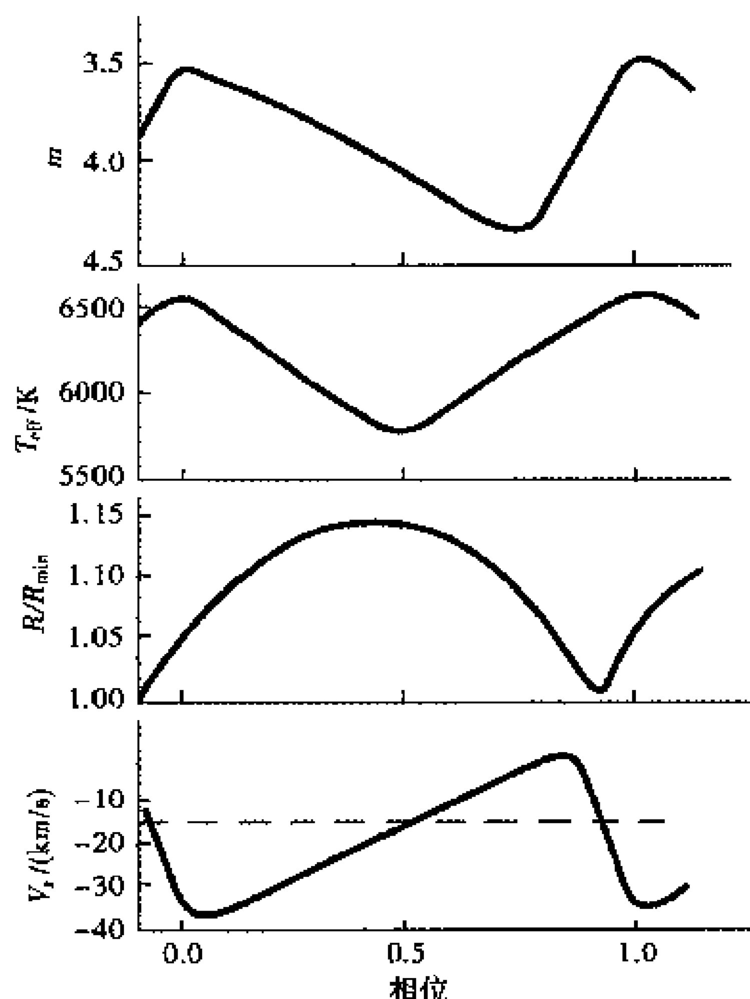


图 4.3　仙王座 δ 变星在一个周期内视星等（m），有效温度（T_{eff}），半径（R/R_{min}）和视向速度（V_r）的变化。图中相位值是光变周期的倍数

造父变星是"量天尺"　大量观测表明，造父变星的光度与光变周期之间存在所谓周-光关系，即造父变星的光变周期 P 与它的光度（绝对星等 M）之间存在线性关系：

$$M = a - b\lg P$$

其常数项 a 叫做周光关系的零点。图 4.4 给出了造父变星绝对目视星等 M_v 与周期 P 之间的关系。1952 年，巴德发现造父变星的两种类型，即经典造父变星和室女座 W 型变星周光关系的零点不同，两者约相差 1.45 星等。于是他对两种类型的造父变星分别给出如下的周光关系：

$$M_p = -1.80 - 1.74\lg P \quad （经典造父变星） \qquad (4.1)$$

$$M_p = -0.35 - 1.75\lg P \quad （室女座 W 型变星） \qquad (4.2)$$

式中，M_p 为绝对照相星等的平均值，P 为光变周期（以天为单位）。我们前已述及，绝对星等 M、观测的视星等 m 与恒星的距离 r 存在如式(1.2) 的关系，因此，通过测定光变周期根据周光关系式求出绝对星等后，再根据测定的视星等 m，即可由式(1.2) 计算出它的距离 r(单位是秒差距)。所以，利用造父变星的周光关系，可以确定造父变星所在星团或星系的距离。因而，此类变星获有宇宙中"量天尺"的美誉，也有人称之为"标准烛光"。

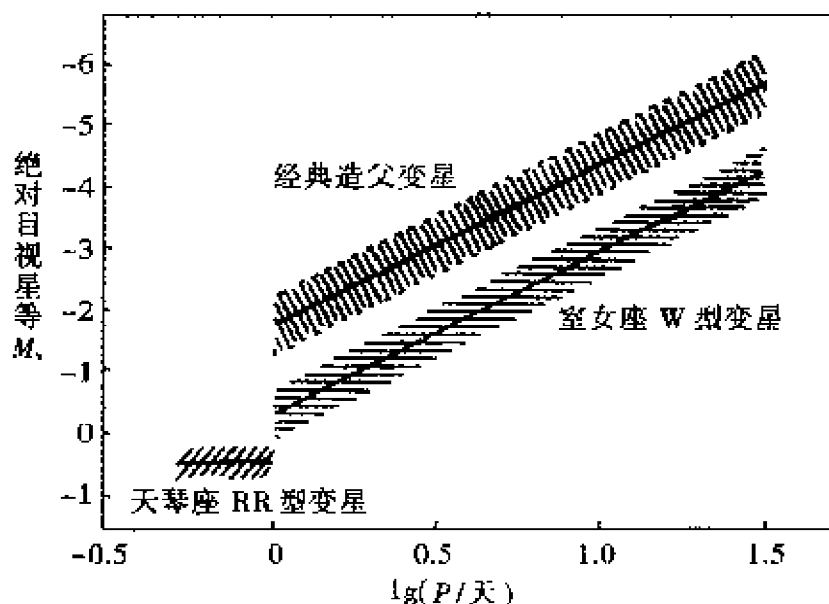


图 4.4　周光关系

利用周光关系求距离时，一定要注意所观测的是哪类造父变星，并代人相应的周光关系式，否则由于周光关系的零点差，会引起所测结果有很大的偏差，这时就不仅是“差之毫厘，失之千里”，而是“差之毫厘，失之光年”了。周光关系零点的准确非常重要，但至今这个值尚待精确测定。

目前，哈勃空间望远镜可以观测到河外星系里的造父变星（图 4.5），因而，人们可以通过观测造父变星测量宇宙更深层次的河外星系，可见“量天尺”的赞誉并非言过其实。

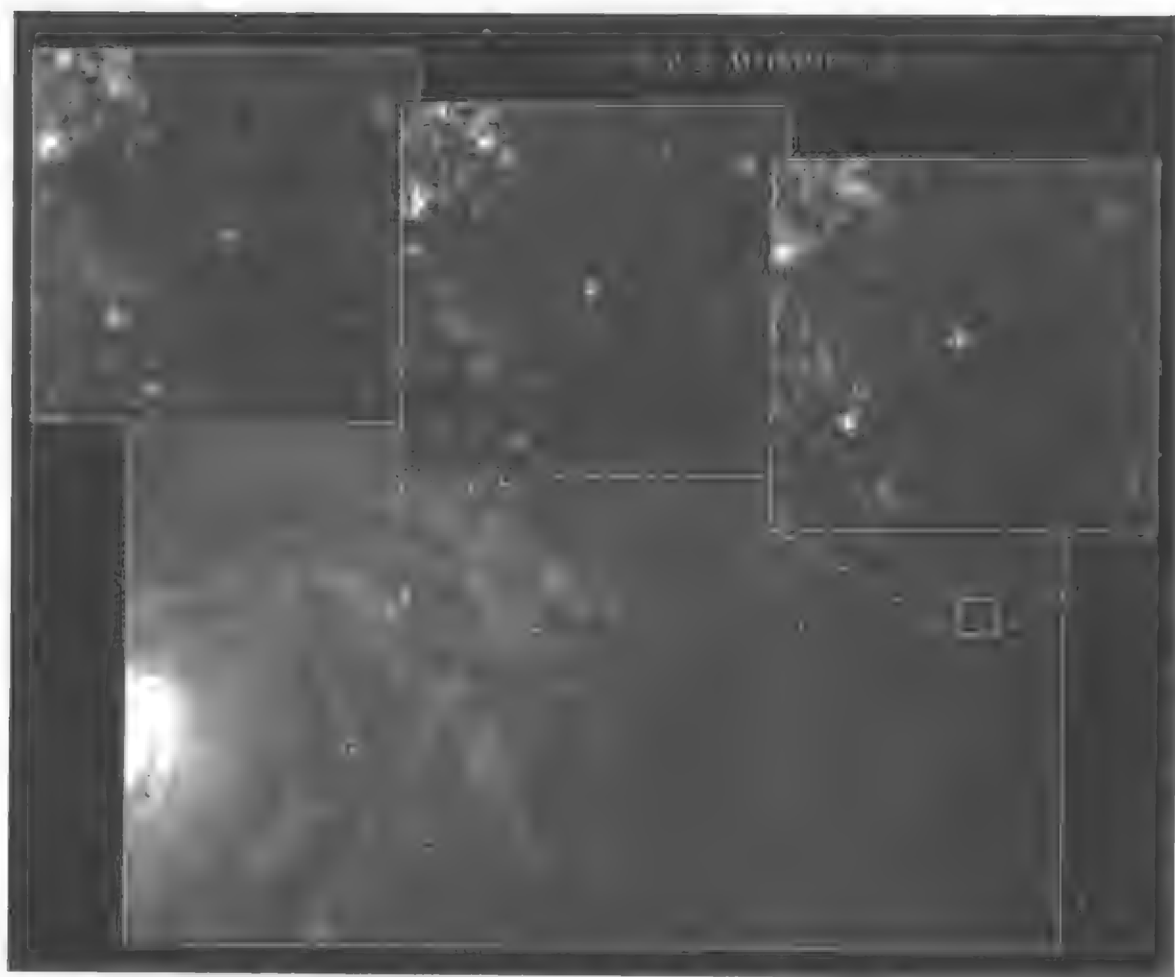


图 4.5　哈勃空间望远镜拍摄的河外星系 M100 中造父变星的光度变化。下图为 M100 星系局部的图像；上图为下图中小方块内一颗造父变星光度变化的三张图像

天琴座 RR 变星——另一把“量天尺”　天琴座 RR 型变星的光变周期很短，属短周期造父变星。它们是一些迅速脉动着的巨星，其光变周期为 0.2 天至 1.2 天，光变幅为 0.2 至 2 等星。这些变星大多位于银河系核球区的球状星团内。当它们星体表面膨胀时，其内部压力、密度减小，温度降低，所以膨胀最大时对应着光度极小；而收缩时内部压力、密度加大，温度增高，所以收缩最大时所对应的光度最大。根据大量观测统计和研究发现，所有天琴座 RR 型变星的绝对目视星等 M_v 是一个定值，即 $M_v = 0.5 \pm 0.2$ 星等。因此，只要测定某星团内天琴座 RR 型变星的视星等 m，即可由式(1.2)方便地求出该星团与我们的距离 r。可见，天琴座 RR 变星是天文学家手中另一把“量天尺”。

快变的盾牌座 δ 型变星与缓变的“魔眼”变星　在脉动变星中有一类光变很快的星，这就是盾牌座 δ 型变星。它们的光变周期只有 0.01 天至 0.2 天，光变幅在 0.003 至 0.9 星等。这类变星有径向脉动，也有复杂的非径向脉动，偶而还出现脉动“停息”现象（即观测不到光变），真是光怪陆离！它们的光变曲线和由光谱观测得到的视向速度曲线的形状几乎相反，即成镜像关系。这类星大都属于老年星。

脉动变星中还有一种周期很长的有趣的变星，叫作雏藁型变星，其典型星是鲸鱼座 o 星（中文名为雏藁增二）。它的光变周期为 320～370 天，光极大时为 1.7 等星，光极小时为一颗 10 等星，呈现出一年亮、一年暗的奇特现象，好像神话中的魔鬼在“眨眼”，所以古代西方人称它为“魔眼”变星。

（2）脉动变星的奥秘

在恒星的一生中，这个不稳定的脉动演化阶段很像是人的“更年期”，过了这一阶段后脉动就会停止。这个脉动时期对不同质量的恒星长短不一。质量大的恒星演化得快，所经历的脉动时期就短些，大约需要几百年；质量小的恒星演化缓慢，脉动时期要经历几千年，甚至几万年。大质量星如 7 $M_\odot$ 的恒星，在演化

过程中可多次通过这个不稳定带：第一次由左向右穿过造父变星带，大约需要几千年；第二次是从右向左穿过，大约需要35万年。

为什么恒星步入赫-罗图中这个不稳定带时，它就会产生脉动呢？也就是说，在这期间，恒星如何将其他形式的能量转变为振动能，以维持其脉动呢？

早在1926年英国天文学家爱丁顿就提出了有关的理论，后来（1952年），苏联数学家谢尔盖·热瓦金发展了爱丁顿的理论。后人经过仔细的计算，证明爱丁顿·热瓦金理论可以很好地解释造父变星的脉动。

恒星是通过自身的引力（重力）而使物质聚集在一起的，如果在一颗恒星里引力和气体向外的压力正好处于平衡状态，则整个星体是稳定的，既不会收缩也不会膨胀。但是到了恒星演化晚期，氢氦反应减弱，当恒星内部热核反应产生的向外的气体压力不能与其自身的引力相抗衡的时候，星体就开始收缩，体积变小，这时部分位能转化为热能使星体温度升高。星体的收缩导致了内部物质密度的增大，向外的气体压力就增大了，当它增加到一定程度超过了引力时，恒星又由收缩变为膨胀。膨胀再次导致压力的减小，到一定程度之后引力又超过压力，星体再度收缩。如此反复循环。

脉动是如何得以维持的呢？爱丁顿理论认为，在恒星的某一层里，当物质被压缩时它会将部分位能转变为热能，气体变热使星体膨胀；当恒星膨胀到最大时，物质又过于透明，它能使更多的辐射向外透射，内部则变冷而使星体收缩。可见恒星物质对于向外的辐射起着阀门的作用，这个阀门开关的节奏与脉动节奏相同。当时人们对此并不理解，直到50年后人们才认识到爱丁顿理论对于恒星内部是正确的，但是对于恒星外层大气而言这个理论还不完善。后来的天文学家发展了恒星脉动理论，提出了多种脉动机制。多数人认为，绝大多数变星的脉动激发机制都属于

“温度冻结”机制。该理论认为：脉动变星外壳大气的氢和氦原子受热而电离，形成大量氢与氦的离子，电离增加了物质的自由度，使其热容量变大，从而降低了气体的绝热膨胀系数，因此，电离效应抑制了密度变化所引起的气体温度变化，使星体在收缩时温度不再上升（即温度“冻结”），造成辐射温度高于气体温度，气体吸热；当星体膨胀时，气体温度高于辐射温度，气体放热，放出的能量转变为电离能储存在恒星的外层大气之中，当离子复合时又释放出热能；正是这种能量储存与释放的循环，维持着恒星的振动。

目前，关于脉动变星的理论还有不少争议，正是这些不同论点的争议推动了脉动理论的发展，使它更加逼近观测的事实。

3．激烈活动的激变变星

有一类变星经常发生激烈的活动，但其爆发程度较灾变变星弱，称为激变变星。

新星　人们把新的突然发亮的星叫做新星(图4.6)。新星

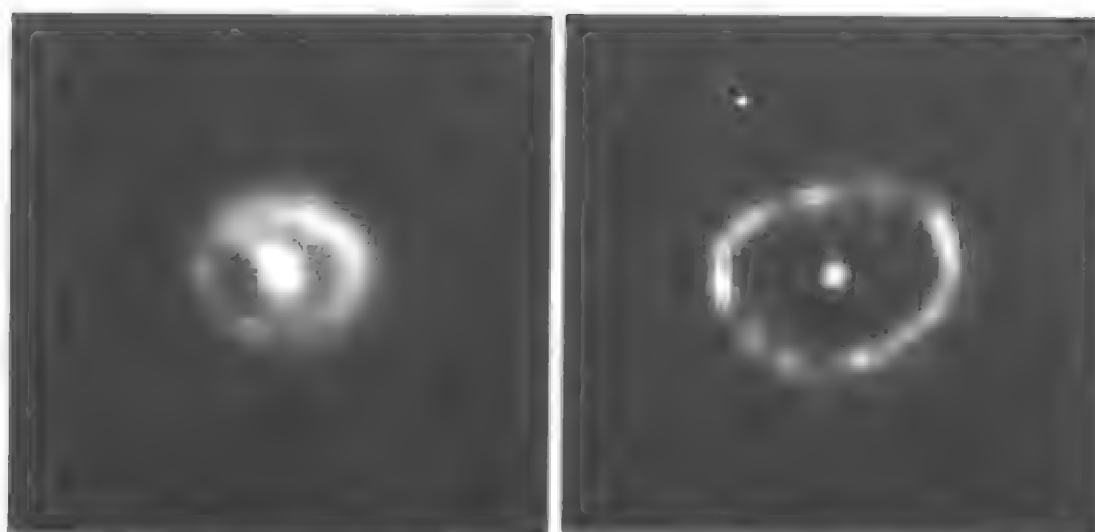


图4.6　哈勃空间望远镜拍摄的天鹅座新星1992的光学图像。右图是加装了暗弱天体照相机提高了分辨率后的图像

非常引人注目，它的亮度可在几天内陡增上万倍，变亮 7 至 9 个星等，每秒释放的能量为 $10^{38} \sim 10^{39}$ 焦耳；然后在几个月至几年内，其亮度又缓缓下降到原来的水平。在银河系里可以经常观测到新星，仅仅在仙女座内每年就可以看至 20 至 30 次突然发亮的新星。

新星的典型光变曲线如图 4.7 所示。图中各阶段分别为：a. 爆发前：光度固定或有 1～2 星等不规则的变化；b. 初升：约为 2～3 天，光度迅速上升；c. 极大前的停滞：几小时～几天，甚至光度有些下降；d. 终升：1 天～几周；e. 亮度极大；f. 初降：快新星是平滑的，慢新星会有 1～2 星等的起伏；g. 过渡期：不同新星表现不同，有些是平滑下降，有些有起伏，有些亮度有一明显的极小然后又回升；h. 终降：比较平滑下降；i. 爆发后：与爆发前一样。不同新星的光变曲线形状不尽相同。

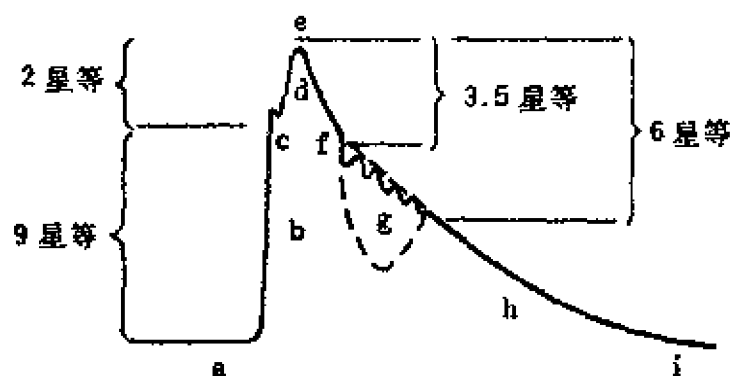


图 4.7　新星的典型光变曲线

1954 年 12 月在武仙座出现了一颗新星，当时它比这个星座中所有其他恒星都亮，而 1955 年它的亮度大大降低、后来又稍微变亮一点，然后就一直很暗，不能直接用眼睛看到，只能在望远镜里才能找到它。1954 年，美国人沃克在利克天文台发现，这颗新星原来是一个双星系统，其轨道周期为 4 小时 39 分。双星系统中的一个子星是白矮星，另一个子星是主序星。这颗主序星的物质充满了它的允许体积（即洛希临界等位面包围的体积），

物质从它的表面流向白矮星，被白矮星吸积的物质在白矮星周围形成吸积盘。人们还发现，这颗新星系统中白矮星的亮度有周期为 70 秒的变化，这是由于那颗主序星子星在运转中掩食吸积盘造成的。

仔细研究每一颗新星，人们总是发现它们是一些双星系统，并存在着主序星子星向白矮星子星喷射物质的现象。所以，天文学家认为新星爆发的原因是，双星系统内的冷巨星或主序星的物质在白矮星的强大吸积下以高速冲击白矮星，由此引起温度剧增，从而引发积聚在白矮星表面的氢发生氢氦聚变，引起星体外层的气壳爆发，把物质抛向四面八方。在爆发初期，由于爆发的物质离星体很近，像是星体膨胀，使亮度剧烈增加，这时人们观测到新星。以后，随着物质的飞散密度降低，气壳消散形成环星的星云，原被气壳遮住的星体又逐渐显露出来，于是新星又逐渐恢复了本来的“面目”（图 4.8、图 4.9）。

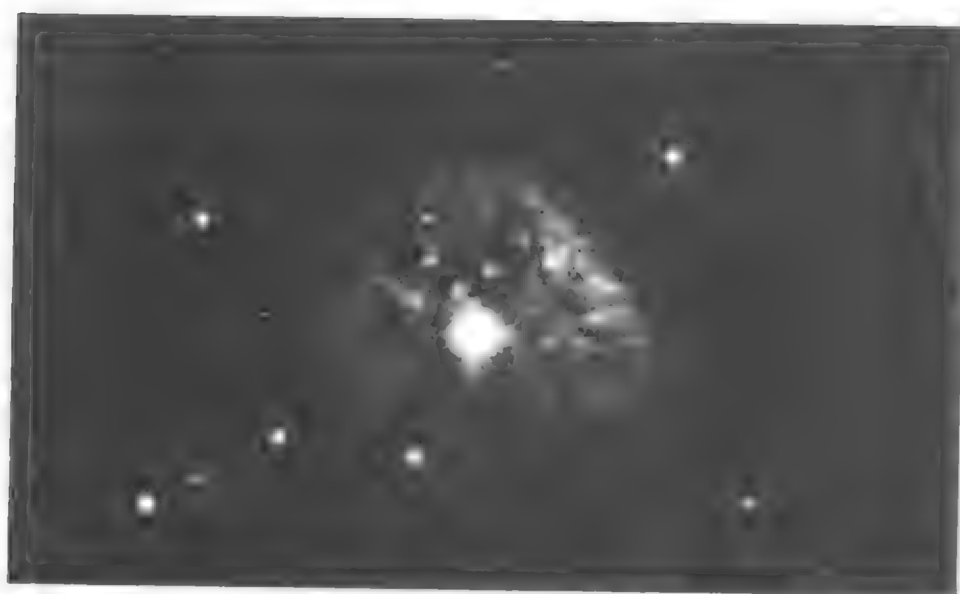


图 4.8　1901 年英仙座一颗新星爆发后许多年可见其周围膨胀的星云物质

新星在光极大附近首先呈现出 A 型到 F 型的吸收光谱，光

谱中氢的宽发射线及氦线和其他元素的发射线均出现吸收分量，证明外边的气层在膨胀。当新星的亮度衰减时光谱中显示有星云的谱线；光极小时的光谱是连续谱上叠加了许多发射线。

再发新星 有过两次以上爆发的新星叫再发新星，各次爆发一般相隔 10 年以上，爆发时，每秒释放的能量与新星相当。观测研究表明，再发新星实质上也是双星系统，主星是白矮星，伴星是一颗红巨星。

矮新星 这类星每隔几星期或几个月爆发一次，亮度增加2～5个星等，每秒释放出 $10^{31}\sim10^{32}$ 焦耳的能量，比新星释放的能量小。矮新星又分为 U Gem、Z Cam 和 SU UMa 型几个类型。U Gem 型变星只有“正常”的爆发，虽然各次爆发强度不同，但一般不会相差 4 倍。Z Cma 变星则有时在爆发后其亮度不返回爆发前的状态，而是在一个中间亮度停留几天或更长的时间。SU Uma型变星除正常的爆发外，还有“超爆发”，释放的能量是正常爆发的 8 倍以上。

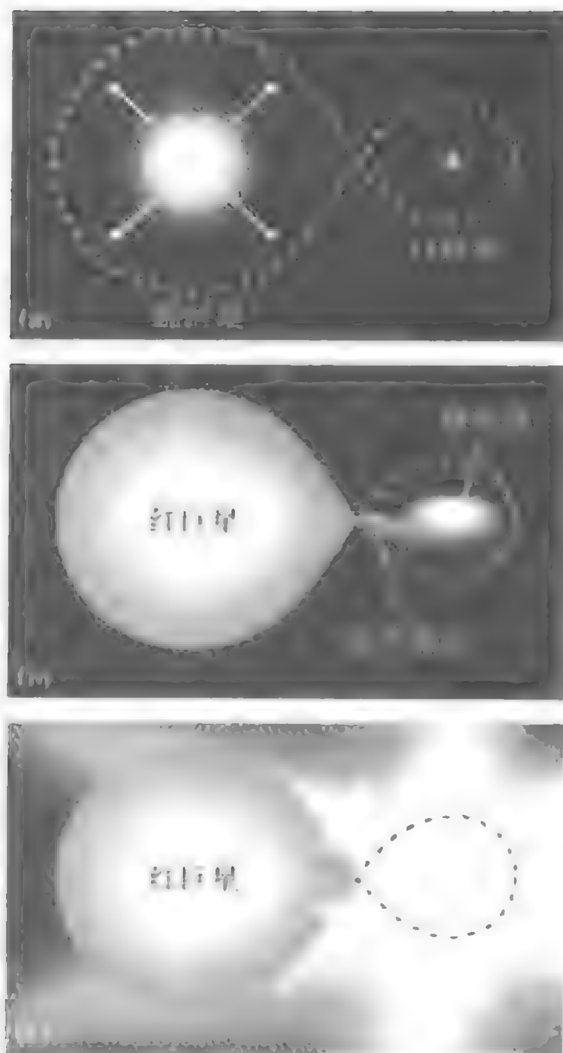


图 4.9 激变变星的演化模型。(a) 由白矮星(主星）和红巨星(伴星）组成的双星系统；(b) 红巨星膨胀充满洛希瓣时气流流向白矮星在其周围形成吸积盘；(c) 气流冲击吸积盘，形成热斑并引起爆发

类新星 这类变星没有发生过爆发，但具有与新星类似的光学特征，常出现几个星等的亮度起伏，如 UX UMa 变

星、YY Scl变星等。

观测研究表明，激变变星实际上都是轨道周期一般在1～10小时的密近双星系统，所以也叫激变双星；在该系统中包含一颗白矮星（主星）和一颗晚型星（伴星）。

4. 宇宙“明星”——超新星

大质量的恒星演化都要经历一次颇为壮观的大爆炸过程，这就是超新星爆发，其规模远远超过新星。超新星是宇宙中的“明星”，它爆发时十分剧烈，其壳层会在瞬时之间炸成碎片，并以每秒数千乃至上万千米的速度抛向太空。超新星爆发时会释放出巨大的能量，可达每秒10^{44}焦耳，相当于10^{28}个百万吨级氢弹爆炸；其亮度突然增亮100亿倍以上，光变幅度超过17个星等，

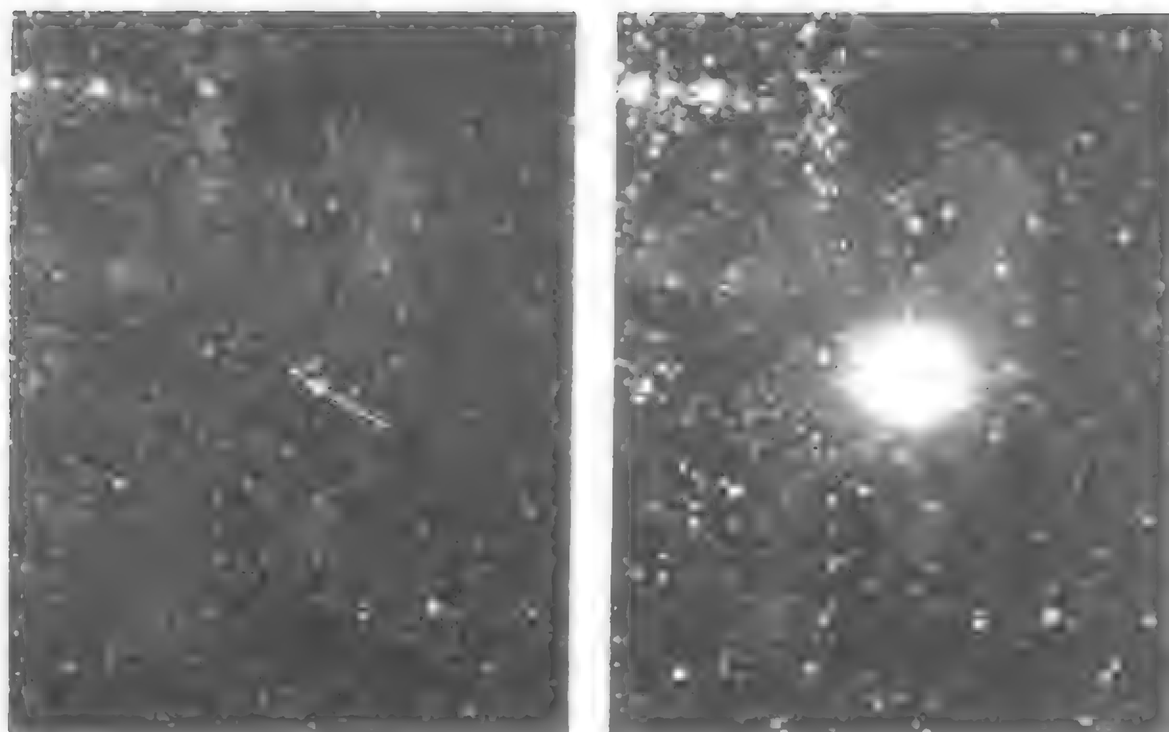


图 4.10　超新星 SN 1987A 爆发前(a)、后(b) 的图像
（地面望远镜拍摄）

发出的光比数十亿颗恒星组成的整个星系都亮（见图 4.10 和 4.11）；它在几个月内所释放出的能量，相当于太阳在 10 亿年期间所发出能量的总和！

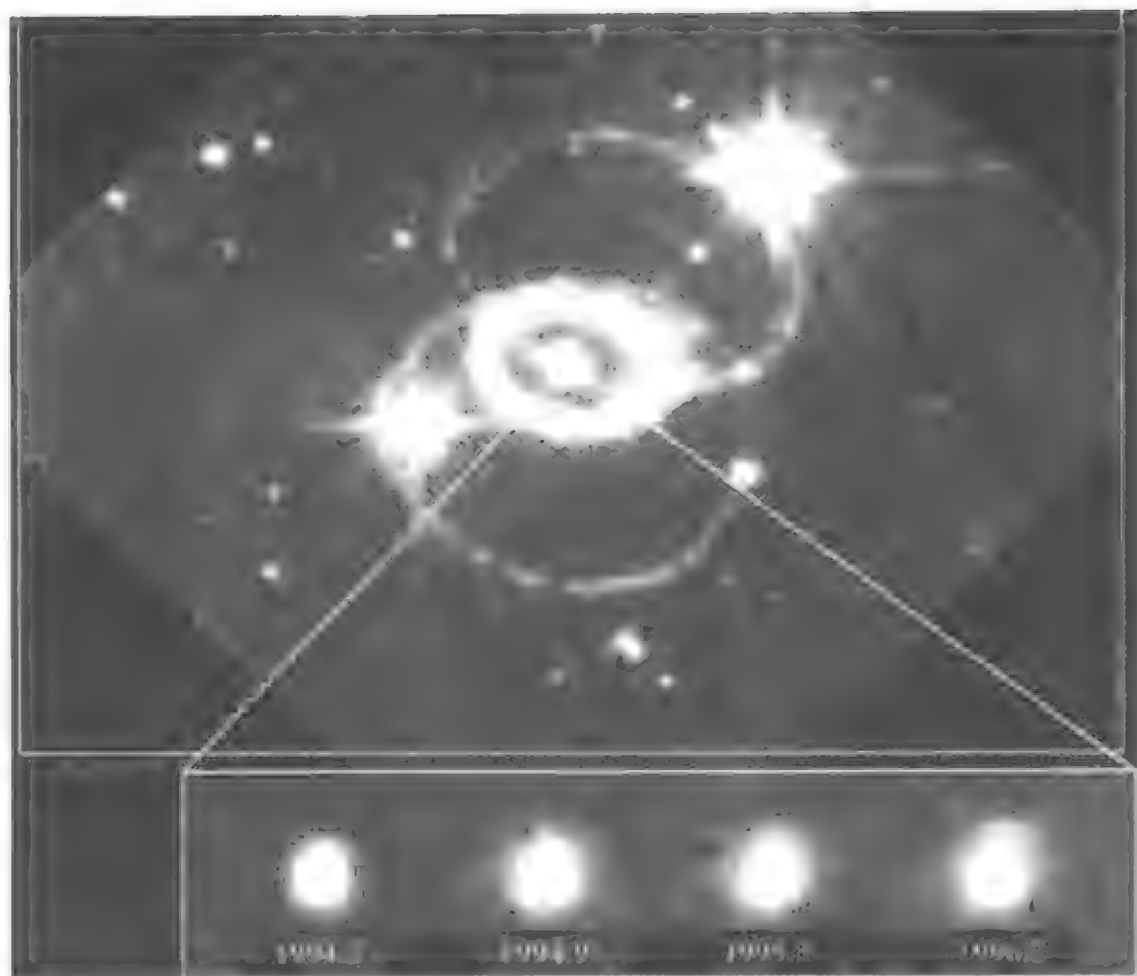


图 4.11　超新星 SN 1987A 爆发后核心亮度的变化
（哈勃空间望远镜拍摄）

然而，超新星爆发却是大质量恒星晚期演化中死亡前的“回光返照”，不过它确实呈现出恒星一生中史无前例的壮烈与辉煌。

（1）SN 1054 超新星与蟹状星云

公元 1054 年 7 月 4 日的早晨，在金牛座 ζ 星（中文名天关星）附近突然出现了一颗非常明亮的星。我们的祖先以“客星”的名字最完整地记载了这颗超新星爆发的情况，包括爆发时间、

位置和亮度变化等。据宋代史书记载，这颗星在白天都能看到，像金星那样明亮，一连亮了23天后才开始暗下来，但肉眼仍能看到；直至经过了643天后，才变暗到看不见。这就是国际上称为“中国超新星”的SN 1054的爆发情况。此后，这个客星消失了，几个世纪都没有露面。

1731年，英国天文爱好者贝维斯用望远镜发现在曾观测到那颗超新星的位置上，有一个云雾状的亮斑；1771年法国天文学家梅西耶把它称做星云M1记载在梅西耶星云星团表中的榜首。后人发现，该星云有纤维状结构，其形态很像一个舞爪横行的螃蟹，就给它起名为蟹状星云。

近期观测发现，整个蟹状星云的纤维系统正在膨胀，膨胀速度约为1200千米/秒。按照这个星云的膨胀速度和由天体测量测出，它的自行速度是0.23角秒/年，由此可以推知该星云离我们的距离约为1700秒差距，即5540光年。这个距离与由视星等估算的1054年超新星的距离相当符合，因此天文界公认，蟹状星云就是SN 1054超新星爆发后留下的遗迹（图4.12）。

1963年，蟹状星云又成为第一个被证认的X射线源。更有趣的是，时隔6年后（1969年），在超新星SN 1054的位置上发现了一颗脉冲星（后证实脉冲星就是中子星）。这个重要的发现，引起了全世界天文学家的极大兴趣和关注，它使SN 1054再度成为宇宙中的“明星”，并为超新星爆发后产生中子星的论断提供了有力的科学证据。此外，由于它是第一个被观测到自转周期变长的脉冲星，在研究脉冲星的特性中具有重要作用。

（2）各具特色的超新星

在各个星系中发现的超新星，不仅光变形式不同，化学成分也有所不同。天文学家主要按照超新星的光谱特征和光变曲线的形状将其进行分类。根据超新星在光极大时的光谱可以把它分为Ⅰ型超新星和Ⅱ型超新星。凡是在光极大光谱中没有氢线（H）的则称为Ⅰ型超新星；而谱中有氢线（H）的被称为Ⅱ型超新星

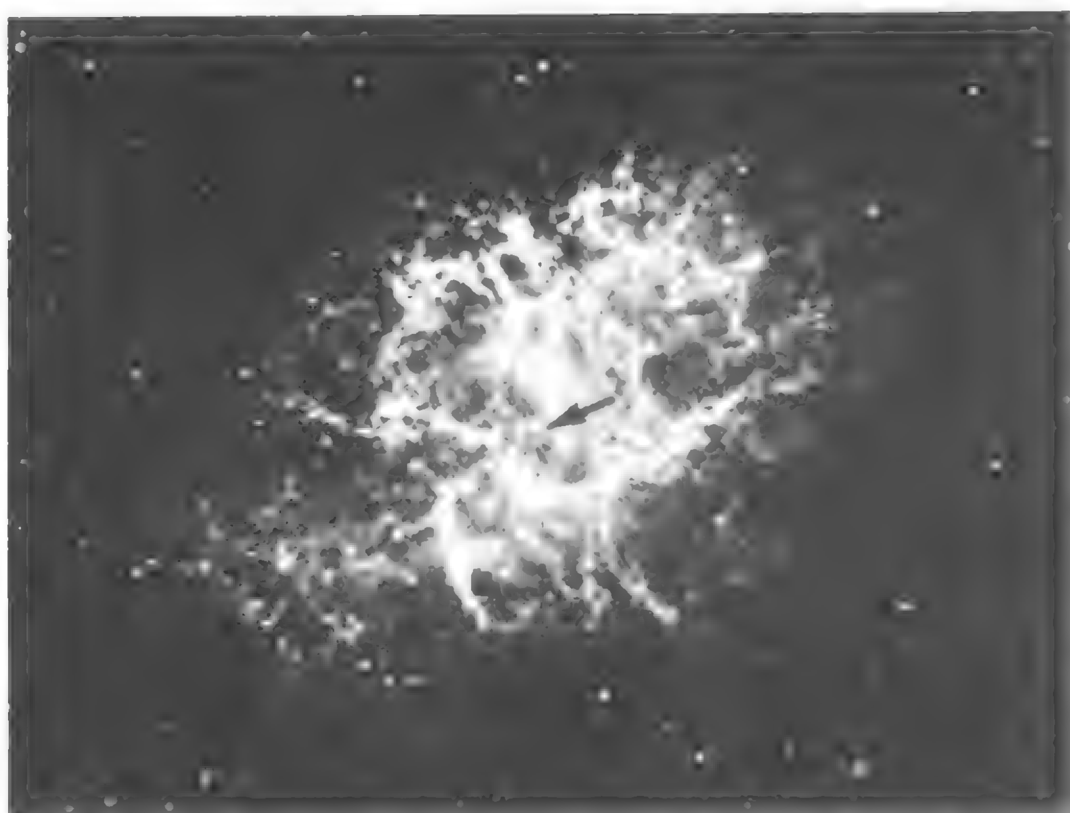


图 4.12　美丽的蟹状星云——1054 年超新星爆发的遗迹。
它的中心（箭头所指）是一颗脉冲星

(图 4.13)。

Ⅰ型超新星可根据光极大时的光谱进一步分类，其分类原则是光谱中是否有一次电离的硅（SiⅡ）的吸收线。有 SiⅡ的强吸收线的叫做 SNⅠa 型；没有这条强吸收线的超新星又根据其光谱中有无强的氦线（HeⅠ）而分为两个次型：光谱中有 HeⅠ线的是Ⅰb 型超新星；光谱中没有 HeⅠ线或者只有很弱的 HeⅠ线的被称为Ⅰc 超新星。

Ⅱ型超新星则是根据其光变曲线的形状分为更细的次型：在光变曲线的极大后有一个明显的平台阶段的超新星被称为 SNⅡ-P，而在光极大后几乎线性衰减的超新星被称为 SNⅡ-L。

尽管一些天文学家有更细的分类框架，但还是难以面对新发

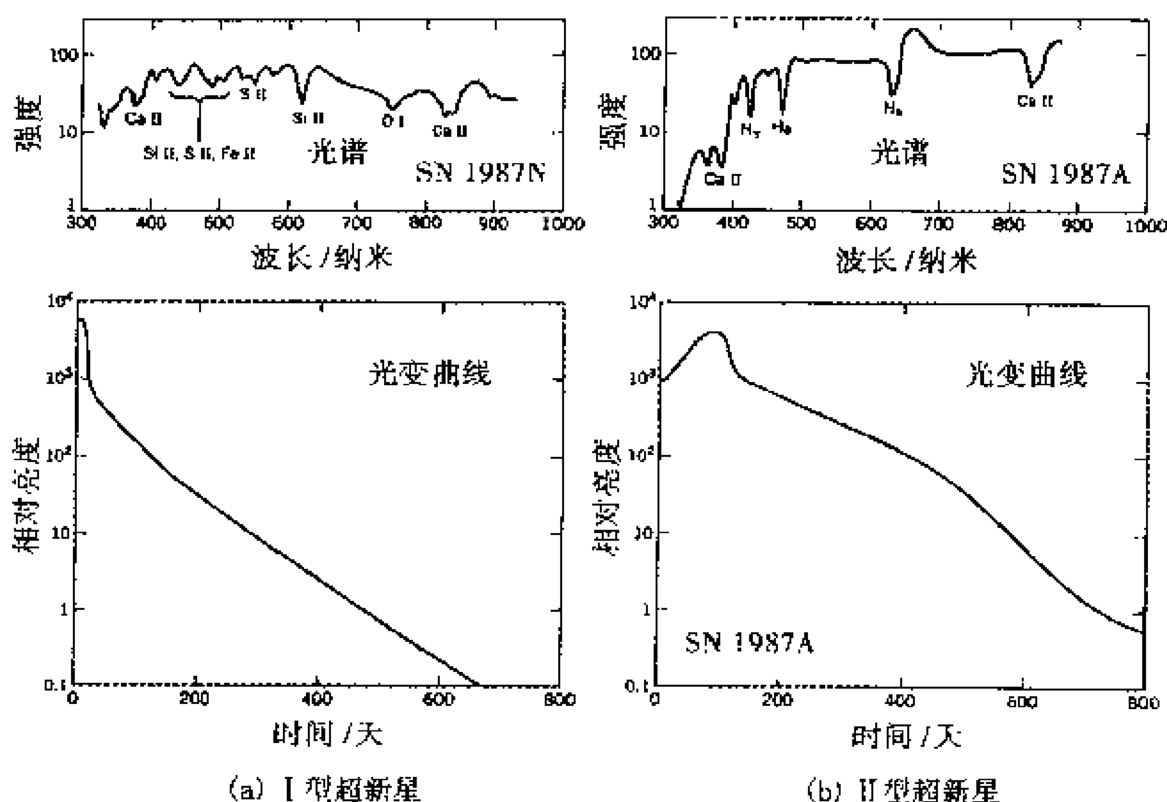


图 4.13　两类超新星的光变曲线

现的超新星的挑战。例如，SN 1987K 和引起轰动的 SN 1993J 超新星，在光极大时有氢的 Hα 线应属于 SNⅡ型，但在几个月后光谱中的 H 线又消失了，与 SNⅠb、SNⅠc 有些类似，真是令人迷惑不解，天文学家只好先把它们单列一类。

（3）超新星为什么会爆发

激烈的超新星爆发是怎样发生的呢？我们在前面已讲过，超新星的爆发是大质量恒星死亡前的"回光反照"，其爆炸的主要原因是恒星晚期灾难性的坍缩造成的引力能的释放。

我们知道，在恒星的主序星阶段时其内部一直是处于恒星热核反应产生的气体热压力与恒星自身引力相平衡的状态，这时恒星是稳定的。当恒星演化到晚期氢大部分变为氦之后，氢燃烧产生的热压力抵抗不了自身的引力，于是恒星开始坍缩并使恒星内部的温度升高。当温度的升高点燃了氦，氦燃烧成为碳的核反应

开始时，热压力又战胜了引力，使恒星向外扩张，直到达到新的平衡。就这样，恒星经历了从收缩到膨胀，又从膨胀到收缩的过程，同时它本身的物质也从氢燃烧到氦，从氦燃烧到碳，再燃烧到氧、硅、镁等，直到燃烧到铁。铁是一种不能燃烧的物质。这样，当越来越多的物质燃烧成为铁之后，恒星就再也没有能力抵抗它自身的引力了，于是物质开始向恒星的中心快速塌缩，使密度增加，核体变硬。当核变硬超过某一极限值时便发生核反弹，物质从塌缩到反弹，核中心向外反弹的物质与向中心塌缩的物质迎面相碰，最终引起了激烈的爆炸，中心变硬的内核最终会演变成为中子星或黑洞。这是Ⅱ型超新星爆发的基本过程，发生这种爆发的前身星的质量一般均大于 8 倍太阳质量。

大多天文学家认为，Ⅰ型超新星爆发前的前身星是含氦丰富的双星。在白矮星强大的吸积作用下，伴星的物质流向白矮星，从而增添了碳-氧核心的质量；最后碳在中心被点火并沿一个方向向外传播，就像一根导火线燃烧引起了爆燃，造成了超新星的爆发。

也有的天文学家认为，SNⅠa 型超新星的前身星是吸积白矮星，因为观测和理论都指出 SNⅠa 的前身星质量比 SNⅡ的要小，比 SNⅠb、SNⅠc 的前身星的质量也要小。

恒星的死亡并非毫无价值，相反，伴随着超新星剧烈爆发的将是宇宙中新生“婴儿星”的孕育。超新星爆发对周围的星际物质产生巨大的冲击作用，从而促使较轻的元素合成较重的元素，并把它们抛撒在太空中，这就对周围星际物质起到了加热和掺入重元素的作用。同时，超新星爆发时产生的冲击波、引力辐射、中微子、X 射线和伽马射线辐射等，都起着搅动星系物质的作用。这些，都有利于孕育新的恒星，甚至会影响到星系的形成与演化。

(4) 超新星巡天观测硕果累累

超新星爆发大多发生在遥远的河外星系，在银河系内的超新

星爆发是非常引人注目的事件，但比起河外星系发生的几率小得多。在过去近1000年里的历史记载中，被确认为银河系内超新星爆发的只有8次，即：公元185年、393年、1006年、1054年、1181年、1408年、1572年和1604年。

近代，随着大望远镜的发展和先进探测器、观测手段的更新，观测到的超新星的数量也剧增，现在已发现了1400余颗超新星，绝大多数是在河外星系。

值得提出的是在大麦哲伦云中发现的超新星SN 1987A，它是1987年2月23日由加拿大天文学家希尔顿，用25厘米口径的天体照相仪在拍摄大麦哲伦云时发现的，也是自1604年以后将近400年中第一颗用肉眼可以看到的亮超新星。它爆发前是一颗12等星，爆发时最亮为3.6等。在它爆发时检测到它发射的中微子，这一事实证实，这个Ⅱ型超新星爆发后形成了中子星，并发射出大量中微子。

1993年3月28日美丽的旋涡星系M81中爆发了一颗超新星SN 1993J。它是1954年以来北天可观测的最亮的一颗超新星，是由西班牙业余天文学家葛西亚用一架25厘米望远镜发现的。这颗超新星的光谱中有明显的氢线，因此属于Ⅱ型超新星。它的光变曲线很特殊，开始亮度上升，几天后又暗下来；两周后接着上升到二次极大。然后它的亮度以几乎每天变暗0.02星等的速率下降。观测到它有X射线辐射和射电辐射，这可能是超新星爆发时抛出的快速运动物质产生的。令人迷惑的是它的特性在Ⅰ、Ⅱ型之间变化，如爆发初观测的光谱中有氢线，到4月中旬氢Hα线出现双峰，后来氢线消失，代之氦线和氧线，此时它由Ⅱ型转为Ⅰb型。这种观测事实向超新星的理论提出了挑战，掀起了研究超新星的新热潮。

1998年4月25日，Beppo SAX卫星探测到来自望远镜座的一个γ射线暴，此后在此处的一个小旋涡星系的旋臂上发现有一颗亮的超新星SN 1998bw。几天之后观测到它的强射电辐射，而

一般超新星是在几周之后才会发生。天文学家认为这是一颗特大质量的超新星，坍缩后形成黑洞，而不是形成通常的中子星。它爆发产生非常强大的激波，并形成了 γ 射线暴。

1998 年 10 月 19 日，英国业余天文学家博尔斯用一架 26 厘米施米特-卡塞格林小望远镜和 CCD 成像系统，拍摄到一个遥远星系，发现了一颗 16 等的超新星，编号为 1998eg，这为小望远镜可有重大发现的事实又添了例证。

近年来，我国天文工作者的超新星巡天观测研究取得了很大进展，仅从 1996 年 10 月至 1999 年 4 月就发现了 30 余颗超新星，在天文学史上又谱写了中国天文观测成就的新篇章。

五 致密星奇观

白矮星、中子星和黑洞都是致密星，它们处于超高的密度、超强的压力和超强的磁场等极端物理状态，为我们提供了地球上没有也不可能有的尖端科学实验室，实为天赐的宝地。致密星的奇异特性是天体研究中最富有诱惑力的科学课题之一，至今仍有许多难解之谜，在许多方面向科学家提出了严峻的挑战。

1. 致密的白矮星

(1) 天狼星的伴星是一颗白矮星

冬夜深空，明亮的天狼星发出白色的光芒，它的伴星是一颗典型的白矮星，由于它比较暗，所以早期没有被发现（图 5.1）。在 19 世纪 40 年代，德国天文学家贝塞尔由天体测量发现天狼星在天球上的运动路径是波浪式的曲线，从而推测天狼星是双星系统，有一颗看不见的伴星。30 年后，在 1862 年，克拉克用他新造的 25 厘米口径望远镜果然发现了天狼星的伴星——天狼星 B。

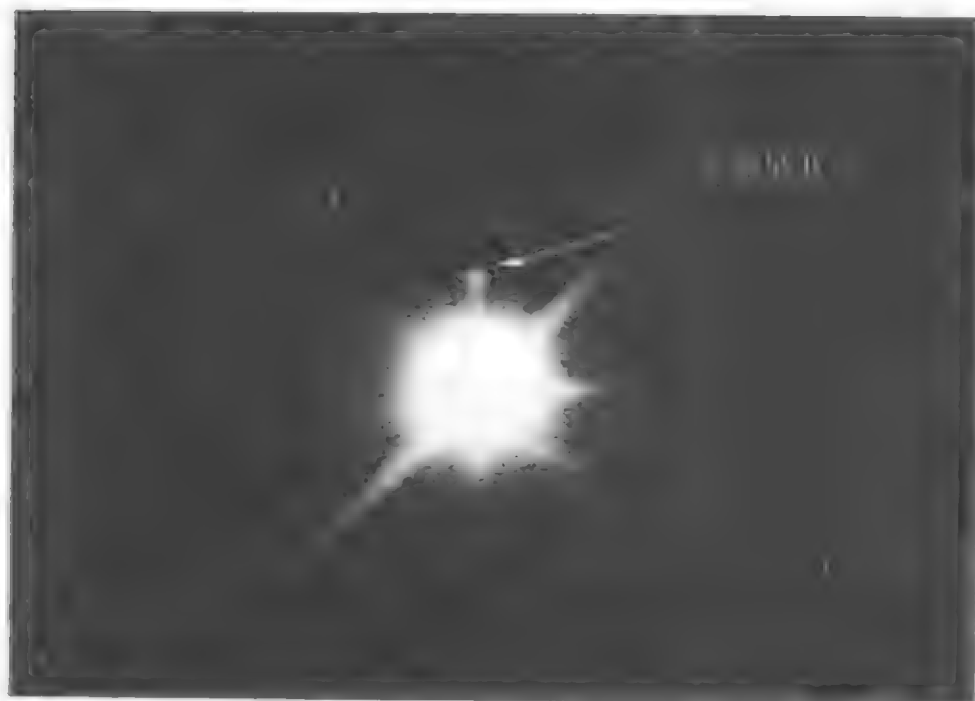


图 5.1 天狼星 A 和它的白矮星伴星天狼星 B

观测表明，天狼星 A（主星）的视星等为 -1.74 等，而天狼星 B（伴星）的视星等为 +8.64，绝对星等分别为 1.43 等和 11.33 等，即主星亮度约比伴星亮 10 个星等，即光度相差 1 万倍；两个子星互相绕转的轨道周期为 50 年。天狼星 B 的质量是

太阳的 1.05 倍，而半径却只有约 4000 千米，相当于 0.016 个太阳半径，体积是太阳的百万分之一，由此可知，它的密度是太阳平均密度的 100 万倍！由于这类星的光谱大多是 A 型，发出白颜色的光，而且半径特别小，所以叫做白矮星。

（2）白矮星的奇异特性

像天狼星 B 这样的白矮星，现已观测到的约有数千颗。白矮星的主要特点是：大都光度低，约为太阳光度的十分之一至千分之一，绝对星等在 8 至 14 等之间；半径小，通常为太阳半径的百分之一左右，小于几万千米，与地球的大小相近；表面温度高，从 5000K 到 50000K；多数光谱为 A 型。白矮星的质量与太阳相近，约为太阳质量的 0.3～1.2 倍。理论上推出，白矮星的质量不超过 1.4 $M_{\odot}$(称为昌德拉塞卡极限)。白矮星的密度极高，平均密度是水密度的几万倍，约为 10^{8}～10^{12}千克/米^{3}。也就是说，在这奇异的白矮星中，1 立方厘米的物质重达 200 吨，1 立方米的物质重达 3.8 万吨！

根据观测资料的统计，不同白矮星的化学成分有很大差异，由此可把白矮星分为 DA、DB、DC、DF 和 DP 五个次型：DA 型白矮星含氢丰富；DB 型含氦丰富，DC 型含碳丰富，DF 型含钙丰富；而 DP 型的磁场很强，一般可达 10 特斯拉，特别强的高达 1000 至 10000 特斯拉，称为磁白矮星。天蝎座 ZZ 变星是颗 DA 型白矮星，而天狼星 B 属于 DB 型。

白矮星还有一个奇异的特性，就是有引力红移现象。引力红移是爱因斯坦广义相对论的一个推论。按照广义相对论，处在引力场中的辐射源发射出来的光，当从远离引力场的地方观测时，光谱中谱线向红方移动，即同一条原子谱线比没有强引力场的情况下波长变长，且波长向红端移动的大小与辐射源和观测者两处的引力势差成正比。白矮星出现引力红移现象的原因是：由于白矮星半径很小而密度很高，引力场很强，因此光子离开其表面就要克服引力损失相当大的能量。光子的能量为 $h\nu$(h 为普朗克常

数，ν 为频率），与它的频率成正比，即能量减少则频率降低，所以白矮星发出的光波长就变长。这种由引力场引起的红移，称为引力红移。

由于白矮星内部密度很大，压力很高且自转很快，所以它的谱线比正常星的谱线宽得多（图 5.2），这就是谱线的压力致宽和自转致宽现象。

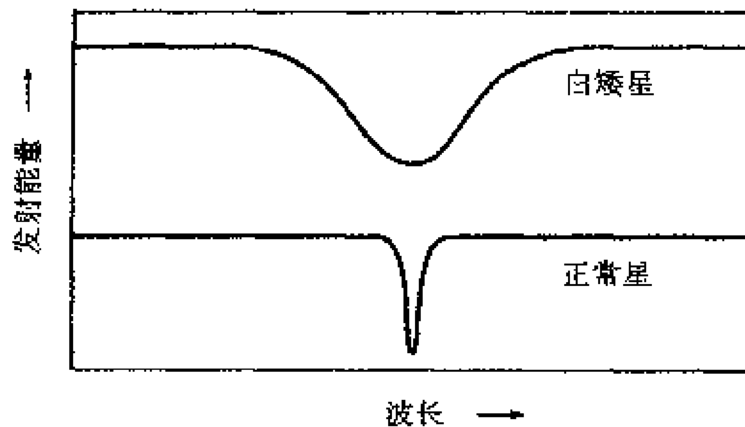


图 5.2　白矮星展宽的吸收线与同光谱型的主序星谱线轮廓的比较

(3) 白矮星的形成及其质量上限

前已述及，质量低于 8 $M_\odot$ 的恒星，在晚期演化阶段会因某种触发机制而爆发，外层物质被抛向太空消散四方形成行星状星云，而核心剩下一个残核。这个残核停止了热核反应，只靠剩余的热能继续辐射，直到余热耗尽。当热压力远远不能与引力抗衡时，又发生非常剧烈的坍缩，使物质挤向核心，体积变得更小（和地球差不多），密度急剧增加致使内部简并电子气产生向外的巨大压力。当简并电子气压力与自身引力达到平衡时，恒星就不再坍缩而形成白矮星。这种星不再燃烧核燃料，它们靠辐射残存的热能慢慢冷却。

在白矮星内部的高密、高温、高压条件下，与强大引力塌缩相抗衡的是简并电子气压力。这是因为，白矮星内部的原子的电

子壳层结构都被高压破坏，只有赤裸裸的原子核（包括质子和中子）及脱离了原来的“几率轨道”的自由电子，于是形成了密度很大的自由电子气体。大家知道，原子的同一个能量状态只能允许一个电子占有，低能态占满了，就只能到高能态去。当电子密度很高时，所有的能量状态都将被电子占满，这样的电子就处在简并态，所以称为简并电子气。其中电子运动速度比光速小得多的叫非相对论简并气体，其压强与电子密度的 5/3 次方成正比；那些电子运动速度与光速接近的称为相对论简并气体，其压强与电子密度的 4/3 次方成正比。而理想气体的压力与气体粒子数密度的 1 次方成正比，可见简并电子气的压力比理想气体的压力大得多，相比之下，白矮星的辐射压力和原子核压力都不重要了。

在非相论简并电子气情况下，可以推出白矮星质量（M）和半径(R) 的关系：

$$R \propto M^{-5/3}$$

由此可以看出，在非相对论简并电子气的情况下，当质量增加时会迫使恒星半径减小；而这又导致密度增加，即简并电子气压力增加，从而抵抗半径的进一步缩小，于是白矮星可以保持在一定的稳定状态。

在相对论简并电子气的情况下，由于压强与密度的 4/3 次方成正比，质量增加但恒星半径减小不多，增加的简并电子气压力不足以抗衡自引力，当白矮星的质量（或密度）变化时，不可能通过它半径的调节来达到简并电子气压力与引力的平衡，因而坍缩还要继续下去。

1931 年，印度籍美国科学家昌德拉塞卡，推出了完全简并的电子气的物态方程，建立了白矮星模型。他推导出白矮星的质量上限为太阳质量的 1.4 倍，也就是说，大于此质量限则白矮星不会存在，它将进一步坍缩形成中子星或黑洞。后人称这一质量极限为白矮星的昌德拉塞卡极限。由于对科学作出了卓越贡献，昌德拉塞卡获得了 1983 年诺贝尔物理学奖。

2. 神奇的脉冲星(中子星)

(1) 脉冲星的发现

1967年10月，英国剑桥大学研究生、24岁的姑娘乔斯琳·贝尔在用一架工作波长为3.7米的射电望远镜观测星际闪烁现象(指天体发射的无线电波穿过行星际空间时受太阳风影响，射电信号的强度会发生起伏变化的现象)时发现，记录到一种很强的射电脉冲信号，由于深夜太阳风的影响非常小，它不像是星际闪烁。而这种信号反复出现，周期为1.337秒。她请教她的导师安东尼·休伊什教授并开始仔细地研究这种像人的脉搏一样准确而稳定的脉冲信号的来源。他们发现，这种脉冲信号每隔23小时56分钟过一次子午圈，显然此信号是来自某个天体，因为它重复出现的时间间隔与地球自转一周的时间相同。

当时英国剑桥有个科学小组认为这是外星人"小绿人"的呼唤。小绿人是科幻小说中的外星人，他们是比地球人类更先进、更聪明的矮小生命，由于皮肤的颜色像树叶，所以称他们为"小绿人"。难道真的是盼望已久的外星人向我们地球上的人类发来的联络信号？科学家们仔细地研究分析，发现这种信号只是单调地重复，找不出任何有意义的信息。此后不久，休伊什和贝尔又在另外三个位置发现了三个类似的信号源，接着又发现了一个又一个的脉冲源。最后，人们判断它们都是遥远的天体，并称其为"脉冲星"。1968年2月，休伊什和贝尔以《发现快速脉冲射电源》为题将这一研究结果发表在英国的《自然》杂志上，由此宣告了脉冲星的发现，全世界天文学家为之惊喜万分，休伊什教授因此荣获1974年诺贝尔物理学奖。

此后，世界各国许多射电天文台都投入了寻找脉冲星的观测工作。截止到1993年，美国天文学家泰勒给出的脉冲星星表(TML93)已列出了558颗脉冲星的参数。泰勒在他的专著《脉

冲星》的扉页上写到："献给乔斯琳·贝尔，没有她的聪明和百折不挠，我们就分享不到研究脉冲星的幸运。"

至今，在我们银河系内已发现了数千颗脉冲星。脉冲星在我们银河系内是特殊"居民"，它们绝大部分居住在银道面附近。有的天文学家从理论上估计，银河系内可能有几十万颗脉冲星，只是由于它们太暗弱而不易被探测到。

值得注意的观测事实是，脉冲星是非常好的钟，它的周期已测到有效数字 13 位。脉冲星的周期范围是 1.6 毫秒～4.3 秒，脉冲星的周期总是缓慢地增加，从未降低。

目前观测到最暗的一个脉冲星，是陶里斯在 1994 年用澳大利亚帕凯斯的射电望远镜发现的，它被命名为 PSTJ 0108-1431。该星位于鲸鱼座，距离我们 280 光年，每分钟旋转 74 次。此星被证明是已发现的脉冲星中距我们最近、最暗的一个。无疑，还有很多脉冲星等待人们去发现。

（2）脉冲星就是中子星

早在 1932 年，当英国物理学家发现原子核里除了质子之外有还有中子之后，苏联物理学家朗道就预言：宇宙中可能存在着由自由中子组成的中子星。两年后，德国天文学家巴德和瑞士天文学家兹维基明确提出，一旦超新星爆发后，就会在其核心形成中子星。1939 年，理论物理学家奥本海默和沃尔科夫详细研究了中子星的模型，他们指出：如果这种天体存在的话，质量一般不会超过太阳质量的 2 倍，它们的半径只有 20 千米左右，其密度将大得惊人，比白矮星还要高出七八个数量级。

理论家的预言给予人们重要的启迪，引导人们去探索和创新，后来果然迎来 60 年代的发现。大量观测研究证实，脉冲星就是理论家曾预言过的中子星。由于它的亮度非常弱，所以很久不能被光学望远镜发现，一直到 60 年代才用射电观测发现了它。后来，天文学家在蟹状星云中央也发现了一颗脉冲星，从而证明了中子星确实是在超新星发生灾难性爆发时产生的，它就是观测

到的脉冲星（图 5.3）。

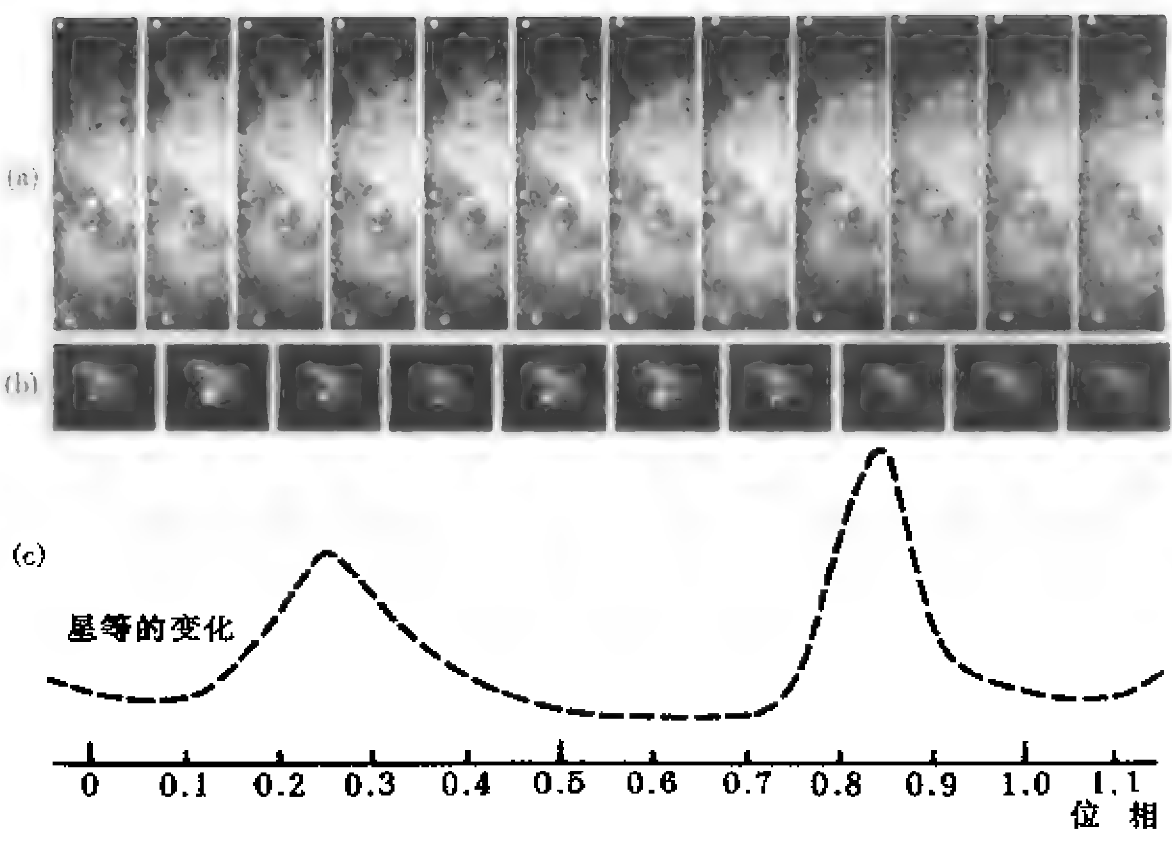


图 5.3　蟹状星云及其核心脉冲星：(a) 光学图像；(b) 高分辨的 X 射线图像；(c) 核心脉冲星的亮度（星等）变化 曲线

中子星与白矮星是不同的两种恒星归宿，都是恒星演化到核能耗尽、引力塌缩的结果。当超新星爆发把大量外层物质抛射出去的同时，由于其自身的引力剧烈塌缩把核心处的物质压得更紧。在此情况下，如果简并电子气的压力也不足以抵抗坍缩的压力时，电子就被压进了原子核，与质子结合成了中子。当密度达到 10^{17}千克/米^3 时，中子的数量不断增加，最后导致原子瓦解，进入中子简并态，变成中子流体。当密度超过 10^{17}千克/米^3 时，简并中子气所形成的压力远远超过简并电子气，形成了与坍缩的引力相抗衡的状态，稳定的中子星就形成了。

理论研究认为，中子星的质量也有一个上限，为 3.2 倍的太

阳质量，这称为奥本海默-佛柯父极限，超过这个极限时，中子简并压力也无法抗衡坍缩的引力，中子星不能稳定存在，星体只能一直坍缩下去，直至形成黑洞。

中子星内部不再有热核反应，核能已经耗尽，它的辐射能有三种可能的能量来源。一种是热能，它以黑体辐射的形式辐射出去，同时也通过各种冷却过程而耗散。中子星的表面积很小，很难收到它的光学波段辐射，但是由于它的温度较高，因此可在波长短、能量高的 X 射线波段观测到。另一种是引力能，当脉冲星处于双星系统中伴星物质被中子星吸积流向中子星时，由于物质有过剩的角动量，它们将不直接落到中子星上，而是形成围绕中子星的吸积盘。中子星的吸积和吸积盘的形成都是引力能所致。再者是转动能，中子星往往都是快速自转的天体，它们蕴藏了巨大的转动能。

对于核能源已经耗尽的中子星，热能显然不可能是它主要的能量来源。引力能也不是它们的主要能源，因为大多数脉冲星不是双星系统，脉冲双星只占脉冲星的 5%。因而，中子星的快速自转特性决定了中子星的主要能量来源是转动能。

（3）中子星——珍贵的天然实验室

由理论模型计算，中子星的结构如下：最外面可能有很薄的致密大气；大气之下是厚约 0.8 千米左右的固体外壳，具有晶体点阵结构，密度为 $10^9 \sim 10^{14}$千克/米^3，由富中子核和核外的电子气组成；内壳的密度为 $10^{14} \sim 10^{17}$千克/米^3；在内壳以下密度大于 10^{17}千克/米^3，是简并中子流体和少量的质子、电子，中子处于超流状态，原子则是超导的；中心处有约 1 千米范围的固体核心。

中子星有许多迷人的特性，它具有比白矮星更高的极端超高密度。中子星体积很小，它的半经约为 15 千米左右。我们知道，太阳的体积可以装下 130 万个地球，然而一个地球可以装下 25800 万颗中子星，可见中子星之渺小。但是，中子星的质量却

和太阳差不多，其密度高达$10^{14}\sim10^{15}$克/厘米^3，这意味着1立方厘米的中子星物质就有几亿吨甚至几十亿吨重，也就是说，一个核桃那么大的中子星物质，要几万艘万吨以上的巨轮才能拖得动！

中子星的表面温度约1000万K，而内部中心温度则高达60亿K，是一个远比太阳热得多的极端超高温世界。中子星中心的压力可达1万亿亿亿个大气压，是太阳中心压力的3亿亿倍，因而那里又是一个极端超高压的世界。

中子星的表面磁场很强，高达1亿～20亿特斯拉，比太阳的普遍磁场强20万亿倍。中子星的电磁辐射能量也很强，是太阳的100万倍。

可见，中子星真不愧是一个具有超高密度、超高温、超高压、超强磁场、超强辐射等极端物理条件的天然实验室，它的研究对于天文学、物理学及一些尖端科学都有极大的推动作用。

（4）脉冲星的“灯塔”模型

脉冲星大多由射电观测到，它们的射电特征也别具一格。脉冲星的射电辐射是周期性的短暂脉冲信号，周期短且稳定，一般为0.03～1秒，脉冲的宽度多为0.001～0.05秒。还发现脉冲周期有增长现象，增长率一般为$10^{-13}\sim10^{-15}$秒/秒，个别脉冲星的辐射周期还有突然的变化。脉冲星的辐射是偏振的，大多数是线偏振或偏振度很高的椭圆偏振。此外，脉冲星的射电频谱包含多种频率，且脉冲能量随频率的增加而很快下降，也就是说，频率低的脉冲比频率高的辐射能量强。

什么原因使脉冲星发射射电脉冲信号呢？这是由于脉冲星的外部充满了各种带电粒子，叫等离子体，这带电离子的运动速度很高，接近光速，它们在磁场中绕磁力线沿螺旋轨道运动时，便会发出一种同步加速辐射。目前已知，旋转最慢的脉冲星（PSRJ 2144－3933）自转周期为8.51秒；而旋转最快的脉冲星

（毫秒脉冲星 PSR1937+214），自转周期仅为0.0016秒。脉冲星的辐射机制，可由“快速自转中子星模型”来解释。这一模型认为，脉冲星作为一颗具有极强磁场、高速自转的致密中子星，足以产生所观测到的脉冲。为什么脉冲星旋转得如此之快则取决于角动量守恒定律。角动量取决于三个因素：物体的质量、伸展度和旋转的速度。对于一个孤立的物体来说其角动量是恒定的，因此如果一个旋转物体保持不变的质量，当它伸展开时转得较慢，当它收紧时旋转就加快。冰上舞蹈演员伸开两臂时旋转减慢，收紧双臂时旋转加快就是这个道理。脉冲星因恒星坍缩而形成，其核心非常致密，旋转得快的道理也就好理解了。

由于脉冲星的自转轴与它的磁轴不重合，则随着脉冲星的自转，磁极和同步加速辐射就会周期性地扫过空间，从远处看，这种电磁辐射就像灯塔一样一闪一闪地扫过，这就是脉冲星的灯塔效应（图5.4）。

（5）毫秒脉冲星带来的喜讯

近年，天文学家还发现了一组不寻常的脉冲星——毫秒脉冲星。例如 PSR1937+214，它的周期只有1.558毫秒，也就是说，在1秒的时间内它自转642圈！80年代以来已发现了约50个周期在10毫秒以下的毫秒脉冲星。毫秒脉冲星的发现，是天文学家有计划、有目标，经历了好几年的艰苦努力的结果。美国的贝克教授等利用阿雷西博射电望远镜，并改进接受系统的灵敏度，经过努力终于在1982年发现了毫秒脉冲星 PSR1937+214。这是一颗不寻常的脉冲星，它的周期只有蟹状星云中脉冲星周期的1/20，但年龄要高出5个数量级，达到4亿年；它的磁场强度较低，约为10^4特斯拉；周期变化率为1.049×10^{-19}秒/秒。

脉冲星是老年星，为什么还旋转得如此之快呢？一种解释是，它可能是双星系统（由于它的伴星太暗弱而未被观测到），在此脉冲双星系统中，被吸积的物质不断冲向吸积盘，并给予它

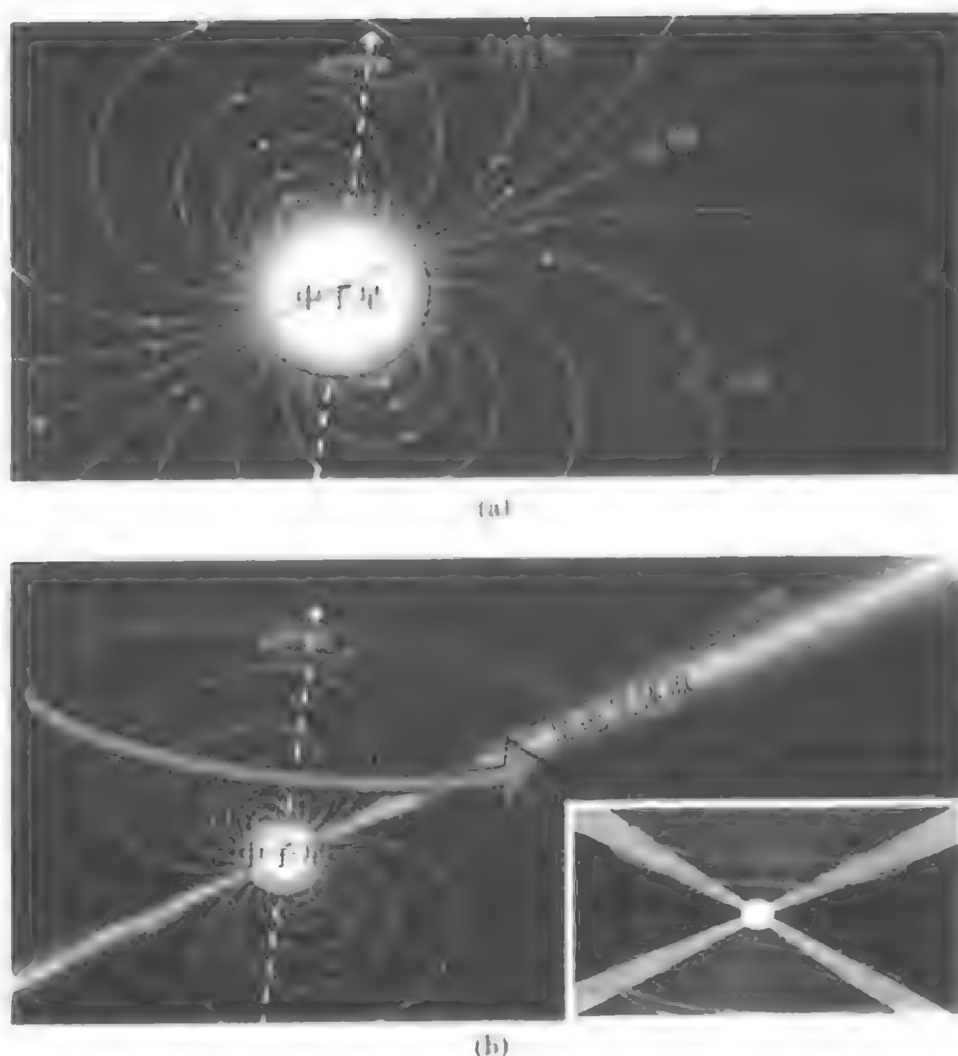


图 5.4　脉冲星的灯塔效应。(a) 脉冲星的自转轴与磁轴不重合；(b) 脉冲星自转时从磁轴方向射出的辐射周期性地扫过空间形成灯塔效应

一个冲击力，这一动能转移到脉冲星的表面，加速了脉冲星的自转。

特别令人惊喜的是，1992 年天文学家发现毫秒脉冲星 PSR1257+12 有行星系统，其证据为：由于看不见的天体的引力作用，来自脉冲星的信号显示有畸变的现象。这不仅是首次发现脉冲星有行星，也是在太阳系以外发现的第一个脉冲星的行星

系统，绕普通恒星的行星系统已陆续被发现。理论工作者认为，这些行星是脉冲星从毁灭了的伴星残骸中捕获的物质形成的。观测表明，PSR1257+12 至少有两颗行星，其中一颗离脉冲星大约5400 千米，公转周期为 66.6 天，另一颗离脉冲星大约有 7000 千米，公转周期为 98.2 天；它们的质量分别为 3.8 和 2.8 个地球质量。寻找太阳系以外的知音，是地球人类梦寐以求的事，脉冲星行星系统的发现使人们看到了太阳系以外新的生命之光。

(6) 脉冲双星及其对引力波的检验

天文学家还观测到了脉冲双星，即双星系统中至少有一个子星是脉冲星，两者互相绕转。

1973 年，美国天体物理学家泰勒和他的研究生赫尔斯，用阿雷西博天文台直径 305 米的巨大射电望远镜，以惊人的毅力和工作热情完成了 140 平方度天区的脉冲星的巡天观测和资料处理工作。他们新发现了 40 颗脉冲星，其中包括第一个被发现的脉冲双星 PSR1913+16。

第一个脉冲双星的发现使人们惊喜不已，因为，由双星的轨道运动可以推算中子星的质量这个重要的天体物理量。已经测出，PSR1913+16 两个子星的和为 2.8 $M_{\odot}$，很可能每个子星的质量均为 1.4$M_{\odot}$。意义还远不止于此。观测到的一个重要成果是系统中两个子星的轨道运动周期在减小，这恰恰是爱因斯坦广义相对论所预计的。如果有两颗脉冲星彼此靠得很近，并因强大的引力作用而互相绕转，那么被吸积的一定质量的物体就应该发出颇为可观的引力波；同时，由于发出引力波损失能量，会使运转轨道的半径缩小，绕转周期就会缩短。人们只要观测到这类双星轨道周期随时间的变化，就有可能对爱因斯坦预言的引力波作出检验。

脉冲双星 PSR1913+16 成为天文学家验证引力波的空间实验室。赫尔斯和泰勒 20 年来坚持不懈地投入引力波验证的研究

工作，进行了上千次观测。他们以极高精度推算出PSR1913+16两颗子星的轨道运动状况，结果发现，在排除了其他因素之后，该双星系统的周期变化率为$(-3.2\pm0.6)\times10^{-12}$秒/秒，此值正好与广义相对论的预期值相符，误差仅为0.4%。这是引力波存在的第一个定量的证据。为此，1993年，泰勒和赫尔斯共同获得诺贝尔物理学奖。

大多数脉冲双星是由一个中子星和一个白矮星组成的。伴星的质量比太阳的质量小，约为0.08～0.87个太阳质量。轨道周期较长的如PSR0820+02，为1232天，轨道周期较短的如PSRJ2051-0827，只有0.099天。90年代，还发现了具有大质量伴星的脉冲双星PSR1259-63，其伴星的质量大于12个太阳质量，脉冲周期为47.7毫秒，轨道运动周期为3.5年，轨道椭率特别大，达到0.87。估计它的年龄为3×10^5年。

目前已观测到近100个脉冲双星系统。1991年发现的脉冲双星PSR1534+12在验证引力波方面比PSR1913+16更有利。它是双中子星系统，轨道周期为10.1小时，轨道椭率为0.27，它的优势是脉冲宽度窄，因而它的脉冲到达时间的测量精度更高。

(7) 脉冲星的生命历程

每一颗脉冲星都诞生在超新星的爆发之中，但是它们有不同的生命历程（图5.5）。通常，如果一颗脉冲星诞生时期有异常强的磁场，则它将成为一个旋转的磁体，如图5.5（a）所示；反之，脉冲星的自转将逐渐减速，当它的X射线和射电辐射都损耗殆尽时，便成为一颗老年脉冲星，见图5.5（b）。但是，如果它有一个低质量的密近伴星，它就可以加速自转，并逐渐成为一个毫秒脉冲星（图5.5c）；如果它有一个大质量的密近伴星，它将成为一个典型的X射线双星（5.5d）。

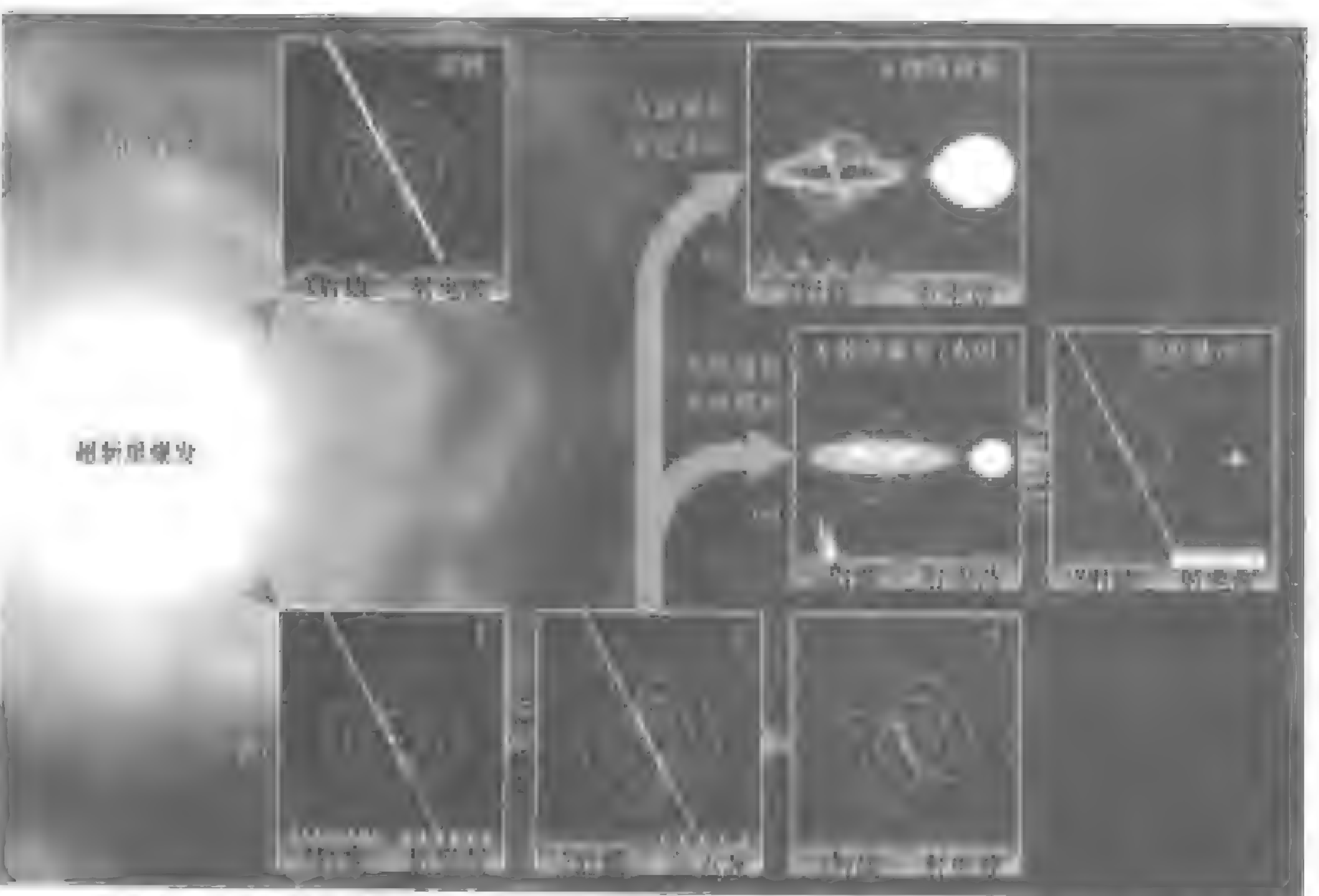


图5.5 脉冲星的生命历程。图(下)中：1.年轻的蟹状星云脉冲星；2.中等年龄的"普通"脉冲星；3.老年的"死亡"脉冲星（没有辐射束）

3. 宇宙中的“怪兽”——黑洞

（1）黑洞是什么

黑洞这个名词，是美国物理学家惠勒在1968年发表的一篇《我们的宇宙，已知的和未知的》文章中提出来的。黑洞是什么，它是宇宙之中的“空洞”吗？不是的！黑洞绝非“空洞”，相反，它是一个极为致密的实体，密度高得令人难以想象（图5.6）。

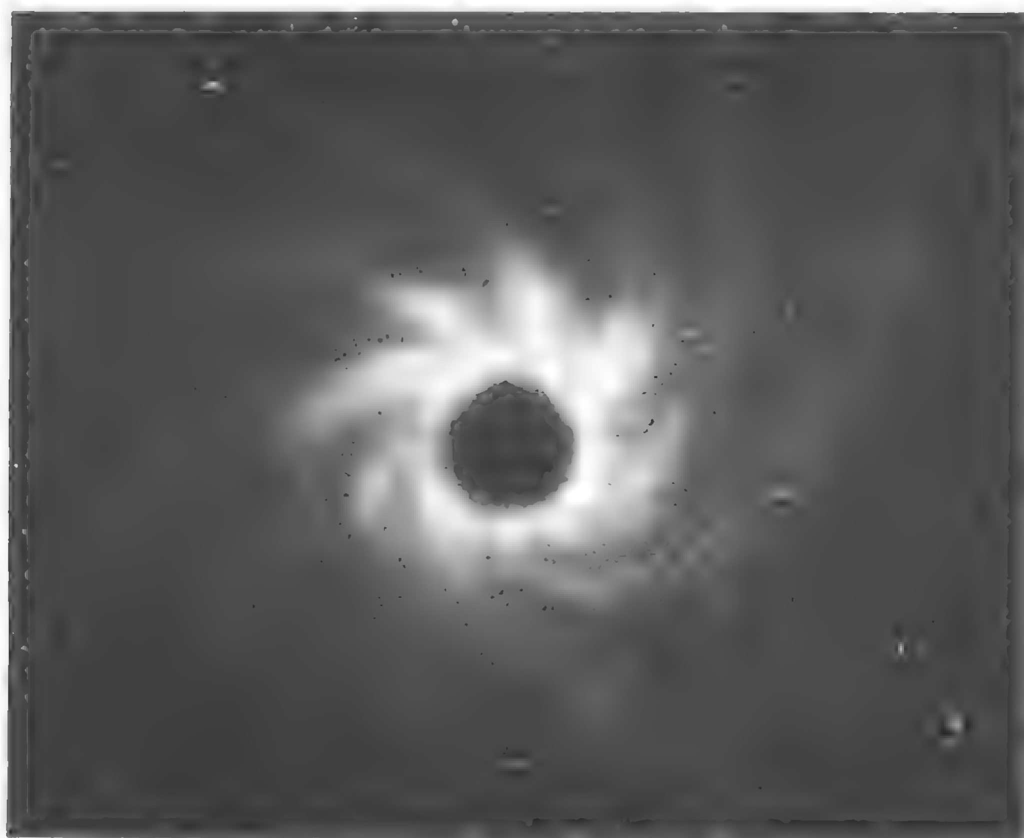


图5.6 黑洞的模型

惠勒指出，黑洞是一个特殊的大质量超巨星坍缩后产生的。当恒星演化到核能耗尽的时候，若它的剩余质量超过$3.2M_{\odot}$（即超过奥本海默-佛柯夫极限），其中子结构的抗拒力将抵不住引力的坍缩，从而中子星在自身引力的挤压下将被碾得粉

碎，最终形成一个密度高得难以想象的黑洞。在这样高密度的黑洞中隐匿着巨大的引力场，它的引力大到使任何东西（包括光）都不能逃逸出去。也就是说，各种物质都会被黑洞吞食掉，而黑洞却不让它一定范围（视界）内的任何事态被外界看见。因此，黑洞像在宇宙中隐居的一个神秘"隐士"，严密地保守着它内部的全部机密，不向外透露一点信息；黑洞又像宇宙中的一个"怪兽"，吞食来自宇宙的万物。

为什么万物都不能从黑洞逃逸出去呢？按照爱因斯坦的广义相对论，时空由于大质量物体的存在而畸变，即物质的质量弯曲了空间，而空间的弯曲又反过来影响穿越空间的物体运动。举个例子来说明。如果我们在一个弹簧床垫上放一块大石头，石头的重量就会使床面下沉；石头越重弹簧床垫弯曲得越厉害。任何东西都不能从黑洞逃逸出去的道理，正如一个滚过弹簧床垫的网球将掉进由大圆石头造成的凹坑一样，一切经过黑洞近旁空间的物体都将被其巨大的引力陷阱所捕获。由此可见，宇宙中的大质量物体会使宇宙结构发生畸变，质量大的天体比质量小的天体使空间弯曲得更厉害。若宇宙中某处存在有超密度的黑洞，则该处的宇宙结构将被撕裂，这种时空结构的破裂处叫做时空的奇点。

（2）黑洞的视界

天文学家把那个物质被黑洞吸入不能再返回之处，叫做黑洞的"视界"，此区域的半径 R_g 叫史瓦西半径，这是为了纪念史瓦西的功绩。1916 年，德国天体物理学家史瓦西对于完全球对称的情形求解了爱因斯坦广义相对论的引力场方程，按照这个解，一个非旋转的黑洞的临界半径 R_g(千米)，与天体的质量 M、光速 c 以及万有引力常数 G 的关系为：

$$R_g = 2GM/c^2 \approx 2.96(M/M_{\odot})$$

当天体紧缩到临界半径 R_g 时，光线不能往外逃逸。

如果一个天体收缩到这个视界的半径之内，那么它所有的物质将在有限的时间内落向中心，犹如掉入一个漆黑的无底洞，所

以用黑洞命名它非常贴切。任何物体的史瓦西半径都可以计算出来；质量越小，这种半径也越小。对于具有地球质量的天体要变成黑洞，其视界半径小于1厘米。太阳的 R_g 大约为3千米，也就是说，如果把太阳物质压缩到3千米或更小的一个球体内，它的光线就休想往外逃逸。无论任何天体、任何物质，一旦进入了视界，便逃脱不了被吞噬的命运，一直会下落到黑洞的中心，在不到几分之一秒的瞬间，就会被那里无穷大的引力碾得粉身碎骨。

但是，任一天体掉落在黑洞中决不意味着它在宇宙中从此消失，它的引力使它仍旧可以被外界所察觉，因为光线接近它时就会被它捕获，在它的周围较远处传播的光线就会发生方向的改变。黑洞还能够用它的引力和别的天体组成新的力学系统，甚至能够控制住一批行星，也能够和另外一颗星结成一对双星。

英国宇宙学家霍金认为黑洞会缓慢地释放其能量。他在1974年曾证明黑洞的温度不为零，比深空的温度高一些。一切比其周围较暖的物体都要释放出热，黑洞也不例外。一个典型的黑洞将在几百万万亿（10^{18}）年释放出它的全部能量，释放的能量叫霍金辐射。

（3）黑洞的探测

“黑洞”这个名词已为天文界所熟悉，但它的存在并非没有争议。宇宙中真的存在黑洞吗？让我们看看最新的探测研究情况吧。

近年来，有关黑洞存在的证据越来越多，但这些证据不是直接的，因为黑洞终究是看不见的，只能通过物质落进黑洞的视界时发出的信息而得知（图5.7）。人们用这种方法探测黑洞，就好像通过观察火焰去发现篝火中燃烧着的炭块一样。

我们在后文中将要介绍，我们的银河系中心很可能存在一个或两个黑洞。此外，天文学家们曾猜测，位于室女座星系团内距离我们约5000多万光年的河外星系M87的中心有一个黑洞。

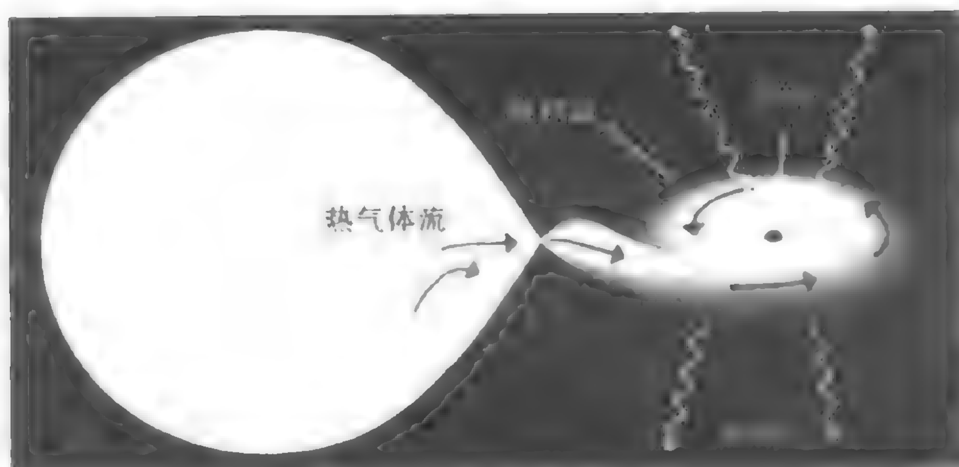


图 5.7　判定黑洞存在的途径之一是观测流向黑洞的炽热气体发出的 X 射线

1994 年夏天，哈勃空间望远镜探测到那里的旋进气体和尘埃发出的 X 射线，终于获得了 M87 星系中心存在着超大质量黑洞的证据。

1997 年，我国天文学家张双南首先揭示出黑洞有自旋。他依据观测到的银河系内两个超光度喷流源 GROJ 1655 − 40 和 GRS 1915 + 105 的 X 射线特性，论证了在此 X 射线双星系统中包含的黑洞是快速自旋的，自旋的方向与吸积盘的旋转方向相同。他依据相对论量子理论，推算出黑洞视界附近的量子效应会导致黑洞发射，甚至会出现爆炸。由于黑洞自转，靠近视界处会有很强的引力场，黑洞会对外界施加强引力和强电磁力作用。当附近的物质受黑洞引力作用下落时，引力势能会转变为动能和热能，使接近视界处的物质温度升高而电离。

近年来，发现有 20 多个 X 射线双星系统中致密子星的质量在 $3.2M_{\odot}$ 以上，它们不是中子星而是黑洞，即这些双星很可能是黑洞双星（BHBs)。在这 20 多个黑洞双星候选者之中至少有 5 个有明显的黑洞证据，它们是 GRS 2023 + 338、GROJ 0422 + 32、GROJ 1719 − 24、IE 1740.7 − 2942 和 GRS 1758 − 258。据

轨道运动定律推算，这5个X射线双星系统内，两个致密天体的质量大于3.2个太阳质量，超过了中子星的质量限，而且它们的X射线谱中缺少过软X射线（光子能量为0.5～1.0千电子伏特的X射线）的辐射，这说明它们不可能是中子星，更不可能是白矮星，而是黑洞的候选者。

最佳黑洞候选者是天鹅座X-1（Cyg X-1）。它是一颗X射线双星，其中主星是一颗B0超巨星，其质量为$30M_\odot$，直径为18×10^6千米。它的伴星看不见，很可能是一个黑洞，因为观测到它的X射线有一定特征变化，判断出主星有轨道运动，推测出系统的伴星是一个具有14倍太阳质量的星，这远远超过了中子星的质量限，所以天文学家公认它是黑洞的最佳候选者，也就是说，天鹅座X-1系统中的一个子星很可能是黑洞。

除了像CygX-1这样的恒星级黑洞外，还有X射线新星和超光度的喷源如GROJ 1655-40及GRS 1915+105也是黑洞双星的候选者。天文学家推测：大质量的黑洞存在于非常活跃的星系中心之中，比如在赛弗特星系中心或在遥远的类星体核心。据最近观测研究，天鹅座X-3也被认为是黑洞的候选者。

哈勃空间望远镜在室女座活动星系NGC 6251中拍摄到一个草帽样翘曲的尘埃圆盘，圆盘一边反射紫外光。欧洲南方天文台的菲里利普斯·克兰和他的同事们还诧异地看到，从核心伸展出来的一个针状物与一个直径1000光年的尘埃盘平行。他们认为，此星系的中心很可能有一个黑洞。

总之，人们虽然看不见黑洞，但可以依据黑洞对其他天体的引力作用和电磁效应等影响来探测它。迄今为止，天文学家关于黑洞的理论研究文献比从太空探索的确凿证据要多得多。目前，太空探险的科学家们正向着进一步探测的方向进发，相信不久会传来更多的喜讯。

六 美丽的银河系

在盛夏、秋初的晴朗夜晚仰望星空，你会看到一条淡淡的光带从东北向南横贯天穹，宛如奔腾的河流一泻千里，这就是我们太阳系所在的家园——银河系。茫茫的银河有多“长”？我们身居在银河系如何知道它的模样？近年在银河系内又探测到了哪些新的奥秘？让我们在本章向朋友们细讲。

1. 银河系的风貌

银河，中国古人称它“天河”，欧洲人称它“牛奶路”。美丽的银河令人心驰神往，激发了人们许多美丽的遐想。自古以来所流传的牛郎织女鹊桥相会的神话故事，就缘于银河两岸隔河相望的牛郎星和织女星，而天鹅座就像是座横跨银河的鹊桥。

横贯夜空发出淡淡光芒的银河蔚为壮观，它高挂在天穹，纵横驰骋，在天球上穿越了天鹅、天鹰、狐狸、天箭、人马、天蝎、船帆、麒麟、猎户、金牛、双子、仙后等20多个星座。

美丽的银河究竟是什么？这自古以来就是探索者最感兴趣的问题之一。1610年，意大利天文学家伽利略首先用望远镜观测银河，发现银河是由许多密集的恒星组成的。自1784年起，有恒星天文学之父的美称、曾发现了天王星的英国天文学家赫歇尔，开始了对全天恒星的计数，在1083次观测中，他共统计了683个天区中的11万多颗恒星，终于揭示出银河内的恒星同属一个类似透镜似的集团，并发现越暗的恒星数目越多。后人将这个恒星集团称为银河系。此后200余年，天文学家对银河系进行了大量的观测研究，逐渐加深了对它的认识（图6.1）。

现代观测研究表明，银河系的主要范围约有8.5万光年，包容了大约1500亿～3000亿颗恒星，其中人们能用眼睛直接观察到的大约有6000颗较亮的星。银河系中还有无数的弥漫星际气体和尘埃物质及大量的隐蔽的暗物质，估计几乎还有一半恒星被这些暗物质所遮掩而未被我们观测到。可见，我们的银河系是一个多么庞大的天体体系啊！

银河系的主体像一个中间突起的大透镜或飞碟，从银河系的核心向外伸出四条旋臂（图6.2）。直到不久前，人们一直认为银河系是一个车轮似的庞大旋涡星系，但这种理论在1995年受到了几位年轻的天文学家的挑战和冲击。一个由美、英及澳大利

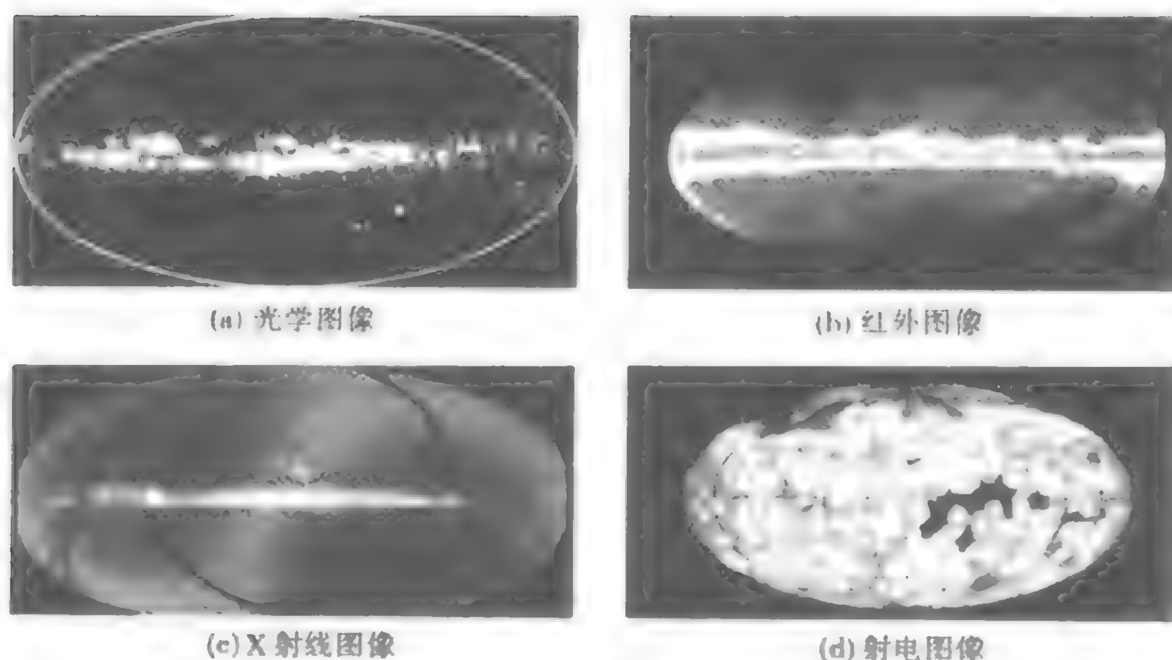


图 6.1 不同波段的银河系图像

亚科学家组成的科学小组的年轻人勇于探索，大胆地采用微引力透镜的新分析方法对银河系进行研究，揭示出银河系的核心不是卵形的，而是棒状的。根据广义相对论，大物质的存在使所在空间区域发生弯曲，从而影响光线的传播路径；大质量的天体如同一个巨大的透镜，将来自远方的天体的光线弯折并聚焦形成畸变了的像。他们的分析结果否定了有关银河系是旋涡星系的结论，提出了银河系是棒旋星系的新观点。

银河系可分为核球、银盘、旋臂、银晕和银冕几个组成部分。在银河系内绝大多数恒星和星际物质都密集在银河系中心平面附近（称为银道面），这个平面叫银盘（现今叫它“薄盘”）。宇宙背景探测卫星的探测结果表明，银河系核心区是个“花生”状结构的短棒结构，从短棒展出四条旋臂：人马座臂、英仙座臂、矩尺座臂和盾牌座臂。

银河系银盘中心隆起的球形部分是银河系的核球，它是恒星和星际物质密集区，直径范围约 3.2 万光年。在核球最里层距银



图 6.2 银河系结构示意图。(a) 侧视;(b) 伏视

心约 9.6 光年的更小范围的恒星致密区叫银核，那里有最密集的恒星群及电离气体、分子云和尘埃，银核的中心称为银心。

近年的研究把银道面两侧密集的老年恒星都算在一起，在离银河系的银道面上下 6520 光年距离的范围，统称银河系的厚盘，其直径约 8.5 万光年。银盘中间厚，边缘薄，中心凸起处的厚度约 1 万光年，边缘厚度约 3000~6000 光年。

厚盘的外围是近似为球形的银晕，在这远离银河核心的区域，恒星和星际物质密度较低，银河系的薄盘和核球都被包在银晕里边。稀薄的银晕延伸很远，直径达 9.6 万光年。在银晕外面更稀薄的庞大区域叫银冕，它离银心更为遥远，至少有 32 万光年，宛如银河系一顶美丽的“凤冠”。

整个银河系到处散布着星际气体和尘埃，它们像雾一样遮住光线，使我们无法看到银河系中心，更无法看到银河系中心彼侧远处恒星发出的光。但是，天文学家可利用射电望远镜、红外卫星及 X 射线卫星等，穿透弥漫物质窥视银盘后面的星空。如果把被遮掩的恒星及星际物质都考虑在内的话，我们的银河系是一个包容了 1 万亿颗恒星及无数星际尘埃和气体的庞大的天体体系。

2. 太阳系在银河系的位置

太阳现位居于银道面以北约 26 光年、与银河系中心相距 2.8 万光年之处，在银河系人马座旋臂的外边缘（图 6.2）。这是如何知道的呢？这要归功于球状星团里的造父变星。球状星团是由数百万颗密集的恒星组成的集团，外貌呈球状。银河系的球状星团多达数百个，而这些球状星团看起来都集中在人马座方向，而不是对称于太阳系四周。可能在银河系的另一端，即离我们远的那一端，还存在另一些球状星团，它们被银道面的尘埃遮蔽起来了。这些球状星团看来是沿着拉长的椭圆轨道围绕着银河系的中心运行的，它们在空间的分布好似一个扁平的圆球，伸展得像银盘那么远，而垂直银盘的方向只有上述距离（8.5 万光年）的一半左右。根据球状星团内的造父变星的周－光关系可以测定球状星团的距离。结果发现，这些银河系的球状星团的中心点位于人马座方向上的庞大球体中，这个中心点就是银河系中心。

由于太阳系在银河系是偏于一边的，所以当我们朝人马座方

向看去时，我们的视线要穿过70500光年的一厚层的恒星及星际物质；而在相反方向上，则仅穿过14500光年厚的恒星及星际物质世界。因此，夏天地球转到太阳和银河系核心中间时，晚上看银河，是沿着银道面朝银河系核心方向望去，所看到的恒星就非常密集，夜空中呈现出的是银河最亮的一段，从天鹅座、天鹰座至人马座，繁星高悬天顶。到了秋天，银河的这段亮区就西斜而下了。冬夜和春夜，地球转到靠银河系边缘的一端，晚上看到的是与银河系中心相反方向的区域，所见恒星就较少，银河系看起来在地平线附近，天顶附近只能见到较窄较暗的一段。

3. 银河系的居民

银河系内的恒星基本上是按年龄聚集在一起的，它们分成两大星族：星族Ⅰ与星族Ⅱ。星族Ⅰ星都是年轻而富含金属元素的恒星，它们大多分布在银盘里的旋臂附近，多与电离氢的气体云有密切联系。星族Ⅱ星大都是老年贫金属的恒星，这类星在宇宙的早期演化阶段就诞生了，它们体内含有少量的重元素，大多聚集在银河系的核球以内及银晕之中。

在茫茫的银河系中也在演绎着恒星生老兴衰的历史。在银河系的旋臂，有许多从浓密的分子云刚刚诞生的“婴儿星”——原恒星；也不断发生壮烈的超新星爆发，它们在“昙花一现”之后把自己携带着重元素的外壳抛撒到太空，这些元素又被吸收并孕育新一代的恒星生命。

银晕是个古老而寂静的世界，在那里保持着星系的原始风貌。虽然晕中的星际气体已消散无遗，但在这里还可以找到与星系同龄的老态龙钟的恒星。大质量的恒星爆发后，留下了中子星或黑洞；中等质量的恒星已变成了年老的白矮星，还有一些是脉动变化的红巨星；在银晕中还有许多低质量星，它们正缓缓地度过那漫长的一生。

很有意思的是，近期的空间探测表明，在老年星族Ⅱ区也发现了一些新诞生的原恒星。可见恒星和宇宙间的万物一样，都是生生不息、生灭转化、永无止境地循环着。

聚星和星团 银河系里的“居民”有单星、双星，还有许多是三五成群在一起的。这些由互相有物理联系的恒星组成的多重系统，称为聚星或多重星，按成员星的数目可称为三合星、四合星等。

星数超过10个（一般可达几十到几十万甚至几百万颗星）并由万有引力联系在一起的星群称为星团。在银河系内有众多的星团，如冬季夜空中明亮的“七姐妹”昴星团，就是由300多颗星组成的。确定星团成员星的主要标志是，相邻的恒星靠得很近，它们的空间运动大致相同；此外，它们还作为一个整体在空间里运动，其成员星都具有大致相同的自行。

像昴星团那样的形状不规则、结构松散的星团，叫做疏散星团；那些结构紧密、呈球状的叫做球状星团。球状星团所含的星数一般比疏散星团多，可达几百万颗。离我们最近的球状星团是半人马座的一个星团。

疏散星团高度集中于银道两旁（大部分都位于银纬$-15°\sim+15°$的范围内），故又称为银河星团，其中大多数成员星是属于星族Ⅰ的较年轻的星。银河星团的直径范围约1.5～15秒差距，大多数在2～6秒差距之间。有些银河星团有比其核心部分大5～10倍的外围部分，称为团冕，那里包含了大量的暗星。对于团冕的结构和演化的研究还很不充分。天文学家利用高精度自行来研究疏散星团的质量和速度分层效应，并通过星团的各向同性特性来研究星团的内部运动。观测发现，疏散星团的寿命与成员星的个数有关，成员稀少的星团其寿命明显低于成员众多的星团。此外还发现，离银心的距离越远，星团的平均寿命越长。在广大疏散星团中，年轻的星团所占比例相当大。

在疏散星团中有一类星团，它们离我们较近，成员星在空间

互相平行运动，但是由于人眼的透视效应，看起来它们似乎来自一个辐射点。这种能够测出辐射点的疏散星团叫做移动星团。昴星团、毕星团、鬼星团、大熊星团、英仙星团、后发星团、天蝎-半人马星团和猎户星团都是移动星团。

银河系中球状星团的银面聚集度特别小，大多数成员星属于星族Ⅱ，即它们是年老的天体系统，大多数成员是老年星，其中最老的年龄为150亿年。由于球状星团的累积光度很大，我们可以观测到在银河系边缘甚至边界以外星系际空间里的球状星团(图6.3)。在银河系内大约有200个球状星团，它们的直径大多在20～150秒差距之间。

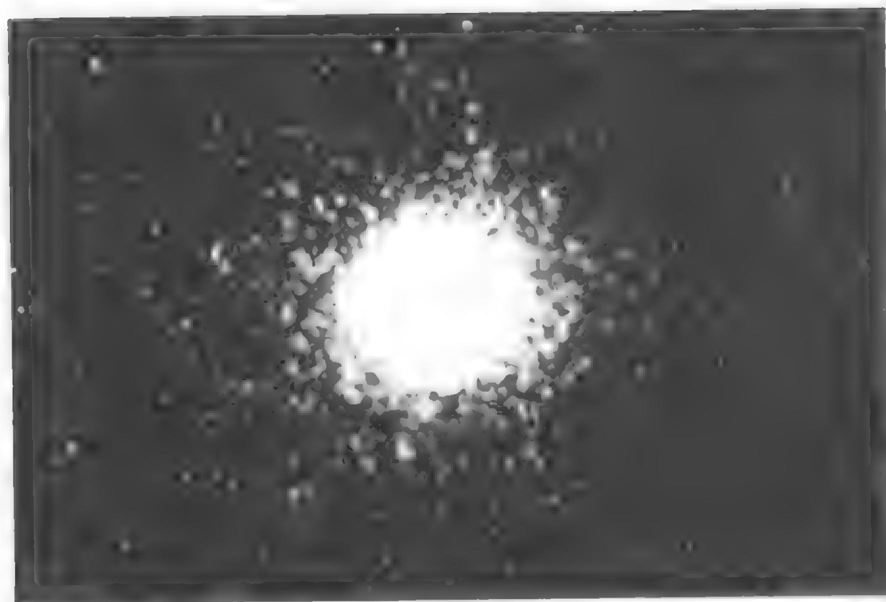


图6.3 球状星团 NGC 6205

星云 在银河系内还存在着由气体和尘埃等物质组成的星云，有发光的亮星云和吸光的暗星云；亮星云又有发射星云和反射星云之分。银河系的星云温度较低，并处在极稀薄的状态下，它的亮度是来自邻近或其内的恒星。反射星云因反射和散射附近恒星的光而发亮，如同月球反射太阳光一样。发射星云内部都有一颗非常炽热的中央星，星云吸收中央星的紫外辐射而再发射可见光，它们发出霓虹灯一样的冷光。

按照形态的不同，星云又可分为行星状星云和弥漫星云。天琴座的环状星云和仙女座的土星状星云是著名的行星状星云。冬季夜空，美丽的猎户座腰带（即三星）附近的猎户座大星云是弥漫星云，它的直径达 13 光年，质量为太阳的 1 万倍。著名的金牛座的蟹状星云也是银河系内的弥漫星云。美丽的马头星云是典型的暗星云，它遮住了后面明亮的天体，在夜幕中显得巍巍壮观（图 6.4）。

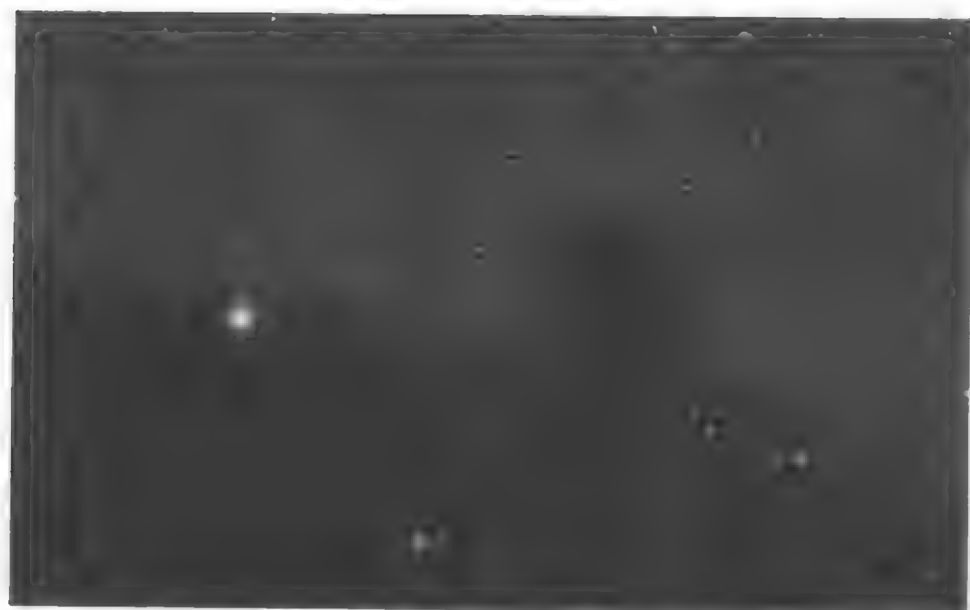


图 6.4　猎户座马头暗星云

4. 银河系的“飞盘”式运动

在银河系里的各类天体，包括恒星、变星、星云、星团以及所有星际物质（包括暗物质）都处在永恒不息的运动之中。大多数恒星本身的运动速度（称为本动速度）为 20～30 千米每秒，而少数“飞星”的速度竟高达 300 千米每秒。

从银河系整体来看，全部天体都围绕着银河系中心旋转，也就是说整个银河系有自旋。这个秘密是 1887 年被俄国天文学家

奥托·斯特鲁维发现的，他还首次测定了银河系的自转速度。1927年，荷兰天文学家奥尔特根据大量恒星的视向速度的研究，证明银盘上的恒星（包括太阳在内）沿着一个近乎圆形的轨道绕银河系中心旋转，并发现银河系的自旋是不均匀的：银心距比太阳银心距小的恒星，其绕银心旋转的速度比太阳快；而银心距比太阳大的恒星，其绕银心旋转的速度比太阳慢。后来，天文学家利用光学、射电和空间的综合观测结果，分析研究了银河系的自转，描绘出的银河系的自转曲线，即恒星绕银心旋转的速度与它们到银心的距离的关系曲线，如图6.5所示。

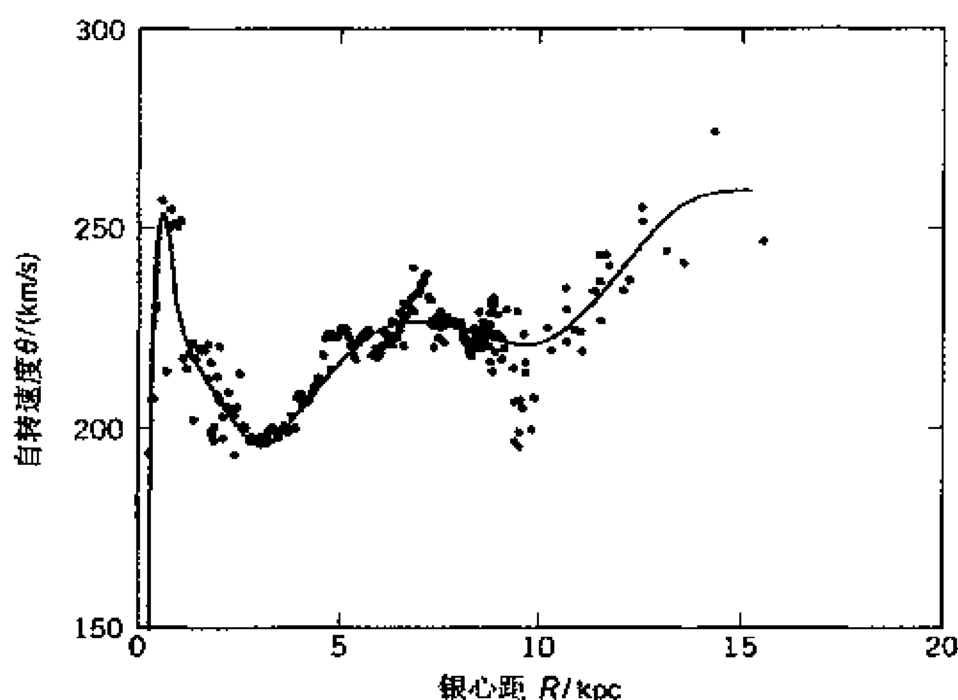


图6.5 银河系自转速度曲线

由图6.5可以看出，在银河系中心区域（即银心距 R 很小时），自转速度 θ 与距离 R 成正比，并很快上升到250千米/秒；然后自转速度又随 R 的增加而减慢，到距银心3千秒差距左右的地方最慢；再往外的银盘区，恒星围绕银心旋转的速度又随着银心距 R 的增大而缓慢增加。可见，银河系的自转曲线很复杂。

恒星绕银河系中心旋转的速度，一般要比它们各自的运动速

度大得多。例如，太阳围绕银河系运转的速度约是250千米/秒，而太阳带领着它的“家族”，朝着武仙座方向奔驰的本动速度是21千米/秒。太阳围绕银河系中心转一周，得花两亿年以上的时间。由太阳绕银河系中心转一周的时间（即银河系的自转周期，约为2.25亿年）和太阳距银河系中心的距离（28000光年），可依据开普勒第三定律（$m \approx a^3/P^2$，式中 a 为轨道半长轴，即太阳距银心的距离，以天文单位计量；P 为轨道周期，以年为单位；m 为以太阳质量为单位的质量）推算出银河系的总质量至少是1000亿个太阳质量，这还不包括银河系内弥漫的星际物质和那些被遮住的恒星和星际暗物质的质量。

银河系作为一个整体除了自旋以外，也在宇宙空间运动着。由于我们住在银河系里，不能直接测定银河系本身在宇宙空间的运动，但可以从一些河外星系相对于银河系的运动，来研究银河系本身的运动。现已测出，银河系除了自转以外，还以211千米/秒的速度朝着麒麟座的方向奔跑。也就是说，银河系一边旋转一边飞驰，像一个莫大的“飞盘”沿着一条复杂而奇妙的路线在太空中遨游。

整个银河系在运动中发生着一系列动力学和化学元素的演化，并随着时间的演进改变着自己的风貌。

5. 银河系旋臂的秘密

银河系内物质的分布是不均匀的。银河系中心有棒状的核球，由此延伸出的四条旋臂上，恒星、星际物质非常密集，而在旋臂之间恒星和星际物质却很稀薄；旋臂处恒星和星际物质的密度大约是旋臂之间密度的10倍。那么，这些旋臂是怎样形成的呢？

早期，人们认为旋臂上的恒星和弥漫的星际物质是固定居住在那里的“居民”。但是，1942年瑞典科学家林德布拉德对此提

出了异议。他认为，银河系的旋臂不是由一些固定恒星组成的，因为果真如此的话，银河系的悬臂会因为里面比外面转得快而越转越紧，如图6.6所示。也就是说，随着时间的推移旋臂会变得越来越密。然而，直到目前并没有找到这方面的任何证据。他提出了旋臂结构的密度波理论，即认为，旋臂是恒星在各自的轨道运行中由于某种原因速度不同而密集和疏散各异的一种动态现象。

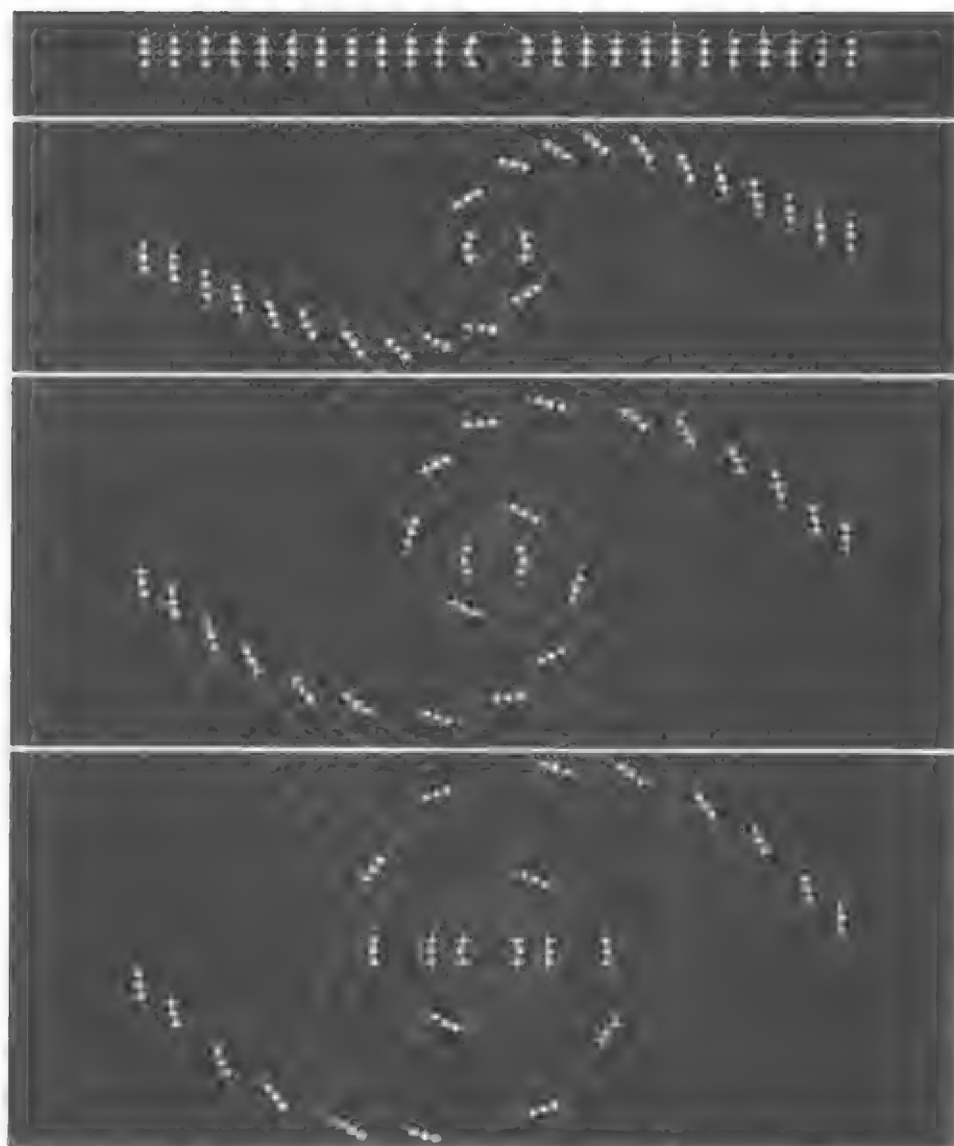


图6.6 旋臂形成的一种解释：星系里圈转得快，外圈转得慢

1964年以后，林家翘、徐遐生等人发展了密度波理论。他们认为，恒星在绕银心旋转时，绕转速度和空间密度都是波动变化的。当恒星和星际物质进入引力势较低的区域时速度变慢，显得恒星密集，密度极大的波峰处就呈现为旋臂的图像（图6.7）。这如同有的街道汽车运行受阻就行驶变慢因而出现塞车，而有的街道车辆畅通无阻行驶很快看起来车辆就稀疏一样。恒星和星际物质运动有快有慢，川流不息，因而就呈现出有不同旋臂的旋涡图像。



图6.7 银河系旋臂结构的密度波理论示意图。亮的旋臂是波的高密度处，众多恒星在旋臂处比旋臂之间停留的时间长

6. 银河系内有黑洞吗

近年来，由射电和空间探测发现，在距银河系中心约32光年处有两个射电辐射很强的射电源。分别叫做人马座A（Sgr A）

和人马座B（图6.8）。在人马座A的中心区有一个尺度小于30亿千米的致密区，从那里发出的辐射不是热辐射，而是高速电子（接近光速）在磁场中产生的同步辐射。这个结构复杂的非热辐射源叫做人马座A*。1977年空间探测测量到了来自银心方向的γ射线，其能量为511～1800千电子伏特。此外，爱因斯坦X射线天文台观测出Sgr A的X射线光度L_X约为10^{28}瓦，且在6个

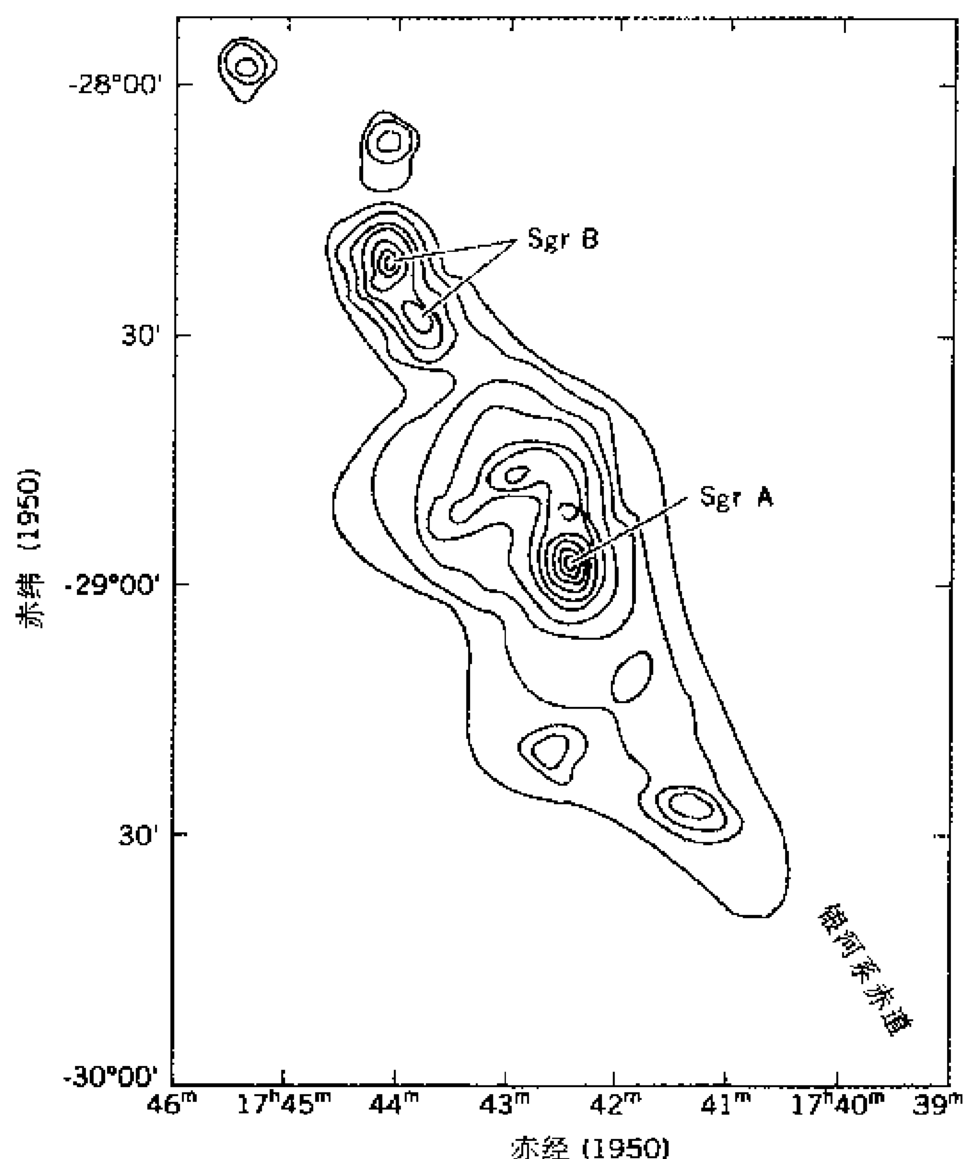


图6.8 银河系中心区的射电分布图

月内光度有明显的变化。人马座 A* 的 X 射线强度比一般 X 射线源弱很多，然而它的射电流量却比一般 X 射线源要强 10 万倍，甚至比 X 射线暴还强 10 倍。近年，红外卫星（IRAS）发现了一个红外源 IRS 16，它几乎完全与人马座 A* 的位置重合（图 6.9）。这个红外源非常致密，光谱测量表明，围绕它的轨道上的气体云被加热到 300K；根据气体云的运动，推测这个红外源的总质量约为 500～800 万个太阳质量，然而在这个区的恒星的总质量只有 250 万倍的太阳质量；那么必定有 300～600 万太阳质量的物质是看不见的。因此，众多天文学家认为，人马座 A* 很可能是个巨型黑洞。

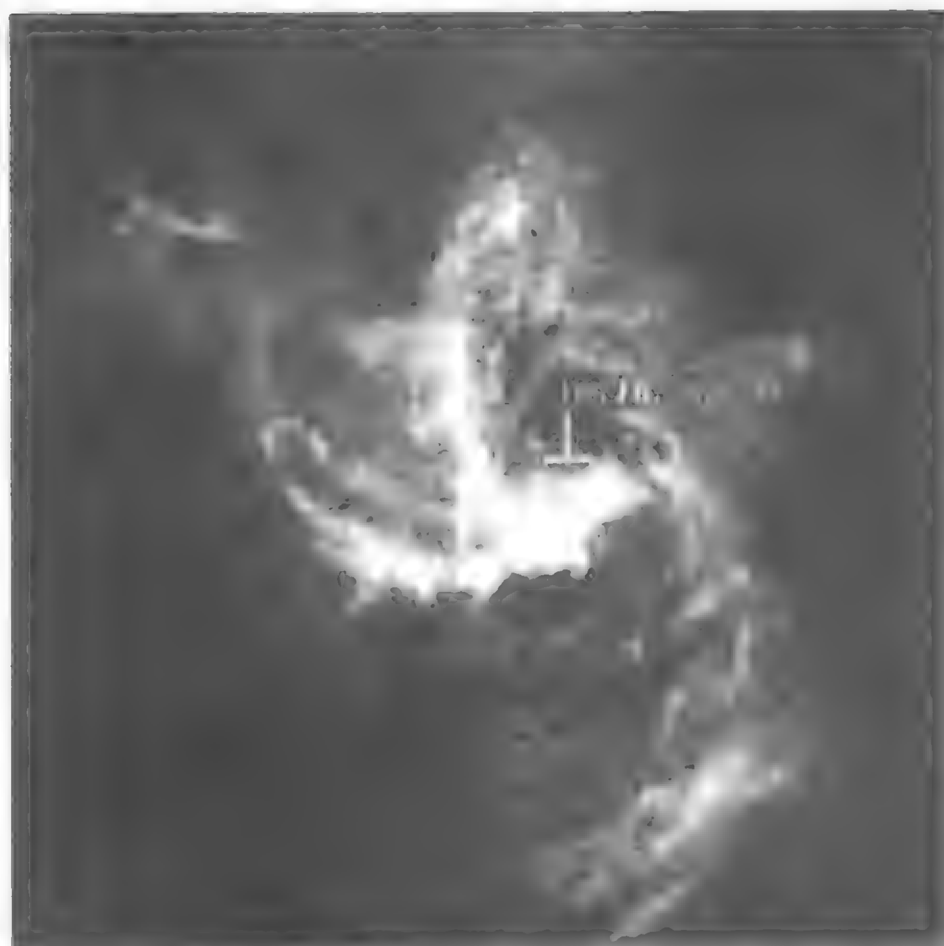


图 6.9　人马座 A* 的射电图像，那里很可能是个大质量的黑洞

此外，1997年6月，中国科学家张双南等根据日本ASCA卫星及美国RXTE卫星的观测资料，论证了银河系两个喷流源（GRO 1655-40和GRS 1915+105）都是X射线双星，这两个双星系统中都包含一个自旋的黑洞。有的天文学家估计，在我们观测到的宇宙中像天鹅座X-1，LMC X-3，LMC X-1，J0422+32和J1655-40这样的黑洞双星大约有1000个，甚至更多。

到底银河系有没有黑洞？有多少黑洞？这还有待新的探测研究结果来回答。

7. 银河系新探

现代，地面观测、空间探测的各个波段领域不断传来喜讯，向人们揭示出一个个有关银河系新的奥秘，十分令人振奋。

银盘正在发生翘曲 最近，英国牛津大学的天文学家利用欧洲空间局伊巴谷卫星，发现了一批离我们有1600光年远的蓝星，它们都朝着银河系的边缘方向运动，致使银河系的银盘形象发生了不匀称的翘曲变形，这种翘曲从太阳轨道内侧就开始了。这说明银河系正在不断改变着自己的风貌。

银河系存在γ射线晕 在80年代初，γ射线天文卫星（COS-B）完成了对整个银河系的γ射线探测，发现在银河系的高银纬处存在着弥散的γ射线辐射。1997年11月，科学家又进一步找到银河系存在巨大γ射线晕的证据。观测到的γ射线图像表明，除了已知的点源和在银心区的辐射增强外，还有延伸到高银纬的大尺度弥散的γ射线辐射，笼罩整个银河系周围，称为γ射线晕。分析认为，这些暗γ射线可能来自中子星，也可能是宇宙线中较低能量光子的散射。它也可能与反物质有关，反物质与正物质相遇发生湮灭，可同时产生γ射线。

银河系中心区的磁场与喷流 最近，据爱因斯坦天文台卫星观测发现，在银心距小于几光年范围内有一低能X射线源，在

其附近还有一个高能 X 射线源。观测研究表明，在距银心 6400 光年的范围内有磁场，磁场的强度为 10^{-8}特拉斯。还探测到在银河系中心区有抛射高速气流的喷流现象，有的喷流长达 13 光年，其方向垂直于银道面。澳大利亚天文学家在银心附近也发现了一个长约 150 光年的很窄的纤维状天体，它不同于其他纤维天体，至少有一个明显的扭结。这是否也是喷流？为什么有扭结？目前尚不得而知。

银河系内发现有反物质喷泉 1997 年，美国科学家根据康普顿 γ 射线天文台（CGRO）的观测，经过分析处理得到银心附近区域 511 千电子伏的 γ 射线的精细图像，发现了一个位于银河系中心的巨大的反物质喷泉。正电子是电子的反物质形式，它与电子相碰会互相湮灭，发出两个能量为 511 千电子伏特的 γ 射线光子。若认为这一反物质喷泉在银河系的核心，那么这个反物质喷泉须每秒产生 10^{42}个正电子（约 10 亿吨）才可能达到我们观测到的 511 千电子伏特。德尔默和斯基博认为，高速的反物质喷泉位于银河系核心附近的恒星形成区，经过长达 4 亿亿千米的旅程，速度下降并和周围的电子湮灭，最后形成人们观测到的 γ 射线辐射亮度。

银河系与近邻星系的物质交流 最近，空间探测揭示出银河系和它的近邻星系大麦哲伦云与小麦哲伦云之间有气流相互作用。从这些近邻恒星系统涌出的气流，叫麦哲伦气流。此气流的迹线长达银河系直径的 2 倍。此外，在这条麦哲伦气流的对面还观测到有另一条细细的气流，它的迹线表明，从麦哲伦云到银河系平面之间有气流连续运动，似乎要把银河系“割裂”，这奇观壮景，真是令人震惊！

这里，我们列举的只是对银河系新探测到的奇妙图景的一小部分。随着观测手段的不断进步，银河系还会不断传来新的信息，向人们展示它的无穷魅力。

8. 银河系的形成

我们知道，在银河系中球状星团内都是些老年星，他们至少有100亿岁的高龄，换句话说，它们是银河系里最早形成的天体。我们的银河系的年龄至少比它们大。天文学家根据大量的观测事实提出了银河系形成的许多假说，这里我们介绍一种主要模型。

宇宙中有许多浩大的星云，其中有一个质量至少包含现在我们银河系的总质量、密度分布不均匀的气体云，它在自身的引力作用下不断地收缩凝聚，内部逐渐形成许多密度较大的球状团块（图6.10a、b），每个球状团块至少有10万倍的太阳质量。这些团块在自身引力作用下进一步收缩，而且它们比银河系整体收缩得更快，最终破碎成许多小块密度凝聚区，它们就是新生的恒星。众多的恒星和星际气体物质形成了球状星团，这些球状星团在空间成球状分布，并在空间沿圆轨道运动。其余的气体云继续塌缩，压扁成盘状，核区的气体物质塌缩得最快，所以核区密度最大（图6.10c、d）。由于物质的角动量是守恒的，伴随着气体云的塌缩，引力能的释放加速了旋转，这就形成了银河系的自转。在核区内都是老年星，在银晕的球状星团里也聚集着高龄的老年星，而在银盘里居住的大都是些中、青年星。从银河系形成起至今，我们的银河系一直不断地成长和发展。

上述描述只是银河系形成的简化模式，它忽略了伴星系及内部磁场的作用，也没有解释银河系的细致结构及旋臂的形成。我们知道，银河系并不是孤立的，它的诞生与生命历程都要考虑与邻近星系的相互作用。最近哈勃望远镜探测到，距离我们银河系中心5万光年的人马座矮星系正朝着银河系方向下落，将在几亿年内被银河系吞食掉。由此可见，绝不能忽视星系之间的相互作用。我们的银河系与河外星系的碰撞与合并在其形成与演化的历

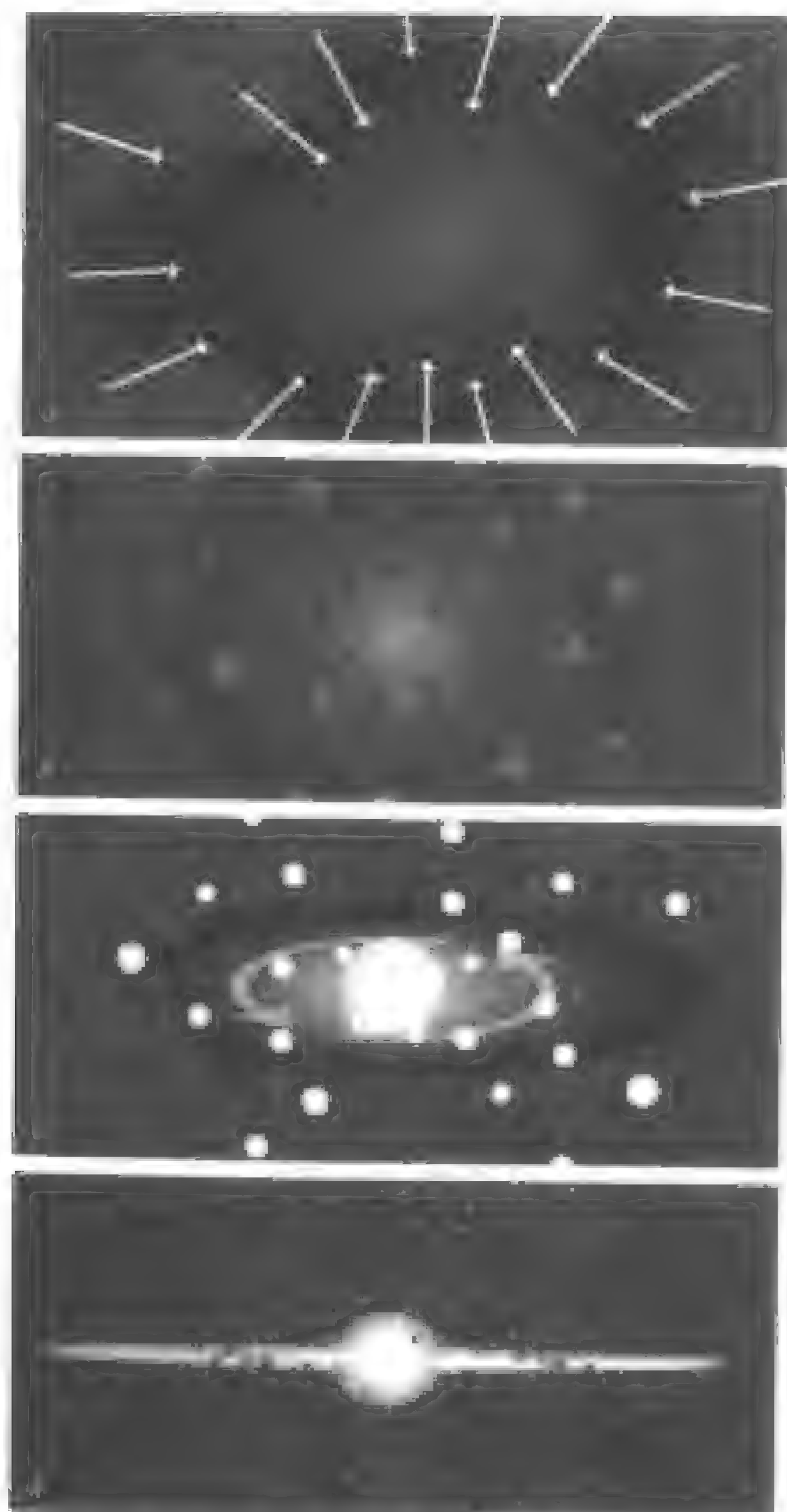


图 6.10 银河系形成的一种假说

程中起着重要的作用。最近，宇宙学家提出一种“碰撞星暴”的假说，即认为两个星系之间碰撞时，气体云朝着较大星系的中心聚集凝结，在此同时，气体云的小密度凝聚块以非常高的速度凝结，并发生爆发，形成恒星。这种理论正确与否，同样有待新的探测研究来证明。

9. 银河系里觅“知音”

目前，在我们太阳系里还没有发现与人类相似的智慧生命存在。尽管寻找“外星人”的希望很渺茫，但是有志之士绝不放弃探索地外文明的志向，坚信在茫茫的银河系里一定有生命之家，并在努力寻找它们。

（1）银河系里的生命之光

在浩瀚的宇宙海洋中，太阳系只不过是“沧海一粟”。在茫茫的银河系中约有 3000 亿个“太阳”。那么银河系内可能会有多少行星系统，即生命之家呢？让我们来粗略估算一下。我们知道，并不是所有恒星都有行星系统，估计银河系中带有行星系统的恒星可能占 93%，即银河系内可能有 2800 亿个行星系统。但不是所有行星系统的恒星都能像太阳那样孕育生命，研究表明：恒星质量太大（超过 1.4 倍太阳质量）或太小（不足太阳质量的 1/3）都不能使行星上孕育生命。符合上述条件的恒星叫太阳型恒星，估计在银河系内有 750 亿个这样的恒星。生命的起源不但需要适当的温度，而且必须具备碳、氢、氧、氮、硫和铁等重元素，这只有第二代恒星才拥有。在银河系中，第二代太阳型恒星约有 52 亿颗。

即使恒星符合条件，还要看行星的情况：它们不能离恒星太近或太远，这样才不太冷也不太热。一颗恒星周围适合孕育生命的范围叫做生态圈，在生态圈范围的行星估计大约有 520 亿颗。这样的行星还需要有生命生存的适宜环境。

体积太小或质量太小的行星都不可能有生命生存，因为那样的星球引力不足以维持住它周围的大气，也不能保持住液态水。荒芜贫瘠的月球与酷热而毒雾弥漫的金星就是这样，它们是与智慧生命无缘的星球。像地球这样绚丽多彩、生气勃勃的行星叫做地球型行星。

地球有得天独厚的条件，离太阳不近也不远，地球的大气层厚度适当，因而才有适宜的气温和温暖的阳光适合生命的繁衍生长。有像地球这样优越条件的行星，在银河系中可能大约有6.5亿颗。其上是否都有生命栖息可居呢？这还是个问题，有人估计大约有6亿颗行星可能有生命，估计其中约有100万个科技发达的文明行星。

为了探索地外文明，人类首先把射电望远镜指向鲸鱼座τ星和波江座ε星，向那里发射21厘米射电波，并期待着回答。之所以选择这两个恒星，不仅因为它们的温度、光度和质量与太阳十分类似，而且离我们的距离比较近。不过即使这样，如果能从这两个恒星发来电磁波信息也需要十一二年。天文学家监测鲸鱼座τ星和波江座ε星只有3个月，自然是没有听到所搜寻的信号。这个搜寻计划称作“小绿人”计划，可是“小绿人”却总是杳无音信。此后，人类不再等待而是采取更主动的行动。

（2）宇宙“邀请卡”

为寻觅知音人类已向太空发出了先驱者10号、先驱者11号及旅行者1号和旅行者2号四艘宇宙飞船。先驱者10号和先驱者11号两艘宇宙飞船各携带了一块雕刻镀金铝饰牌，上面画有太阳系的行星图、该宇宙飞船的象征性图案及它飞出太阳系的路径，还画了一个男人和一个女人的图样。旅行者1号和旅行者2号各携带一套镀金铜质声像片和一枚金刚石唱针，它可以放出116幅画面（其中有中国人午餐的场面和长城的雄姿），还包含55种语言的问候用语和地球上各种类型的声响（包括27首世界名曲，其中有中国的古典乐曲《高山流水》）。此外还提供了如何

使用这套声像片的指南。它们带去了有关我们在宇宙中的位置和关于人类本身的情况。如今，这些人类的使者已经飞出太阳系。究竟什么时候能遇到“知音”，人类还在拭目以待。

与此同时，人类一方面利用巨大的射电望远镜“监听”天外来的信息（例如美国有一科学项目，利用阿雷西博天文台口径305米的射电望远镜不断向太空发送无线电信号，并组织各国的星际探索爱好者从网上寻找外星人），另一方面向“外星人”发出宇宙“邀请卡”。1974年11月16日，美国射电天文学家德雷克利用阿雷西博射电望远镜发送了一组历时3分钟的信息，发往武仙座中的M13球状星团，估计那里可能有30万个行星。不过要经过24000年后这份宇宙“邀请卡”才会传送到。

1995年，美国哈佛大学天文台启动了再次寻找外星人信息的新的研究项目，利用250百万个射电频道同时探测外星来的信息。

1999年，科学家启动了一项智能生物的研究工作（简称SETI，网址是 http://setiathome.ss1.berkeley.edu），用一种全新的计算方法来搜索外星人，寻找地外智慧生命的信息和回音，它可将网上单机用户连接起来，把大量从阿雷西博射电望远镜得到的原始数据资料分发给每一位计算机用户。阿雷西博射电望远镜被誉为人类所能构筑的通向宇宙的人类的“耳朵”，其巨大的抛物面接受盘时时监测着太空，寻找着宇宙智能生物所能发出的射电波。

1999年4月，一个国际科学家小组利用与乌克兰一架口径70米的射电望远镜连接的一台150千瓦发报机，向4颗距离我们50～70光年的类太阳恒星发出了一系列射电信息作为宇宙“邀请卡”，发送的也是二进制数学语言，以便与宇宙中假定存在的地外生命沟通。如果存在地外文明，如果地外智慧生命能截获并记录下这些信息，那么他们就会理解太阳系、地球、地球人类和我们的文化技术水平的大致情况。此次是继1974年后20多年



图 6.11　1995 年美国哈佛大学天文台利用射电望远镜启动了一项再次寻找外星人信息的新工程，利用 250 百万个射电频道同时探测天外文明信息

来又发送的一次有意识的星际广播，它表明人类加快了探索地外文明的步伐，正深人银河系寻觅人类的知音。

七 多姿多彩的河外星系



我们的银河系在宇宙的汪洋大海之中只是“沧海一粟”，在银河系以外是一个更为广阔、蔚为壮观的河外星系世界。著名的大麦哲伦云、小麦哲伦云及仙女座大星云等都是河外星系。众多的河外星系千姿百态、神采各异；有的正在孕育形成，有的风华正茂，有的已历经沧桑处于暮年；星系之间有的互相连接，也有的在分裂瓦解或互相吞并。展现在人们面前的是一个神奇壮观、魅力无穷的星系世界。

1. 千姿百态的河外星系

人们对河外星系的认识经历过漫长的过程。早期，人们通过望远镜看到深邃的星空有一些朦朦胧胧、形态各异的云雾状光斑，认为是气体星云。直到 1926 年，美国天文学家哈勃观测仙女座大星云时，才发现所谓星云是由大量极暗的恒星组成的。他利用其中的造父变星求出仙女座大星云离我们有 80 万光年之遥（据现代观测这个距离应当是 220 万光年），由此推算出它不属于银河系，而是在银河系之外的另一个星系。此后人们发现，许多星云其实就是河外星系。

河外星系距离我们十分遥远。例如，银河系的近邻大麦哲伦云离我们有 16 万光年，小麦哲伦云距离我们 19 万光年，而 M87 星系距离地球有数百万光年。银河系以外的星系统称为河外星系，它们都是银河系的姐妹。

在浩瀚的宇宙中，有成千上万的河外星系，它们形态各异、婀娜多姿（图 7.1、图 7.2）。天文学家按照形态把它们大致分为



图 7.1　星系的分类

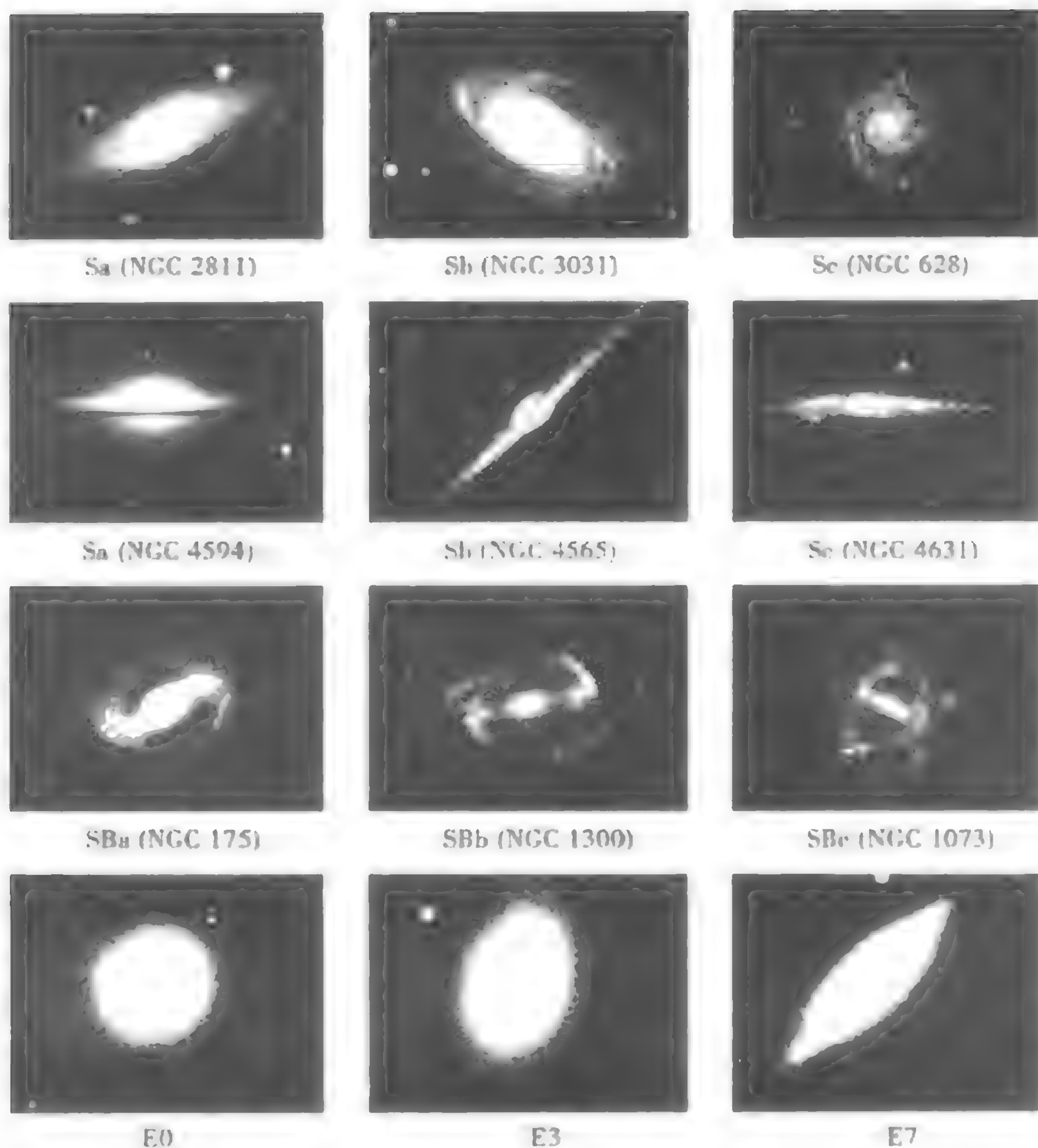


图 7.2　千姿百态的河外星系

椭圆星系（E)、旋涡星系（S)、旋棒星系（SB）和不规则星系(Irr)；此外，有少数星系像旋涡星系那样扁平，但却看不见旋涡结构，叫透镜形星系（S0)，它是一种过渡类型。

（1）椭圆星系

椭圆星系是普遍的一类星系，外形呈卵形，看起来是椭圆形或正圆形。有的椭圆星系很扁，也有的椭圆星系很圆；按椭球的扁平程度又细分为8个次型：E0、E1、E2…E7。椭圆的扁平程度可以用半短轴 b 和半长轴 a 之比（即 b/a）来描述。非常圆的球形星系定义为E0型，b/a 为1；椭率越大的，椭圆拉得越长；E7为最扁平的椭圆星系。例如，仙后座星系近旁的NGC 147星系属于E4型，仙女座星系的伴星系NGC 205属于E6型。椭圆星系的总光度比较低，特别明亮而巨大的占少数。

M87星系位于室女星系团中心，原来用地面望远镜观测它是一个标准的椭圆星系属E0类，然而哈勃空间望远镜1998年拍摄的M87核心的图像却可分辨出有三条旋臂；最近，轨道天文台卫星还发现在M87星系核心处有喷流，并揭示出有星系盘存在，此盘的中央有可能是黑洞。看来，M87不久会被天文学家由椭圆星系划到旋涡星系。

（2）旋涡星系

旋涡星系的特征是，一个由中心核球螺旋式地伸展出去的旋臂，像车轮状包围着核球的星系，呈旋涡状（图7.3）。旋涡星系一般按中心核球的突起程度和旋臂缠绕的松紧分成三大次型：Sa，Sb和Sc。Sa星系中心的球核最大，旋臂收得最紧，如猎犬座的M51星系及NGC 2811星系均属此类；Sc星系的球核最小，旋臂散得最开，例如NGC 2997星系；Sb型介于Sa和Sc型之间。

仙女座星系是距离我们最近的旋涡星系之一，属于Sb型。它斜对着我们，看起来是长长的椭圆形，中心部分最亮，因为那里的恒星最密集；在它的旋臂上有热巨星、星际气体、尘埃状物质、疏散星团等。NGC 3642星系、三角座的M33星系及NGC 2841星系等都属于Sb型。S0型星系介于椭圆星系与旋涡星系之间，其旋涡结构不明显，如NGC 1332星系就是S0型。

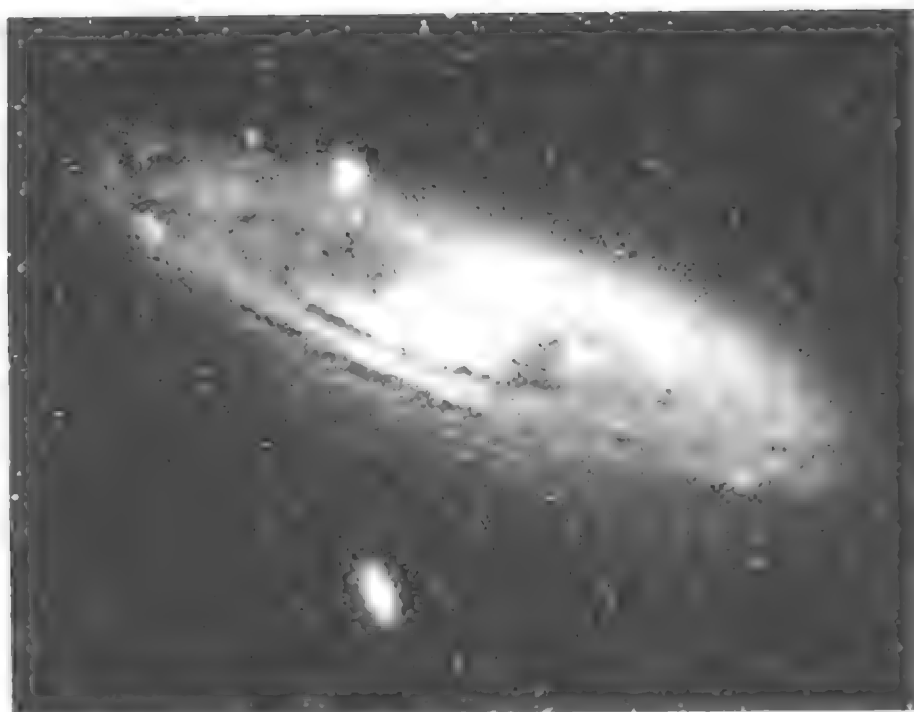


图 7.3 最靠近我们的旋涡星系——仙女座星系

(3) 棒旋星系

棒旋星系的核心部分有一个亮的棒状结构，棒的两端向不同方向延展出旋臂（图 7.4）。至于为什么核心区会存在一个旋棒，至今还是个谜。根据核球的大小和旋臂缠绕的松紧，棒旋星系也分为三个次型：SBa、SBb 和 SBc。SBa 型的旋臂缠得最紧，例如 NGC 4314；SBc 型的旋臂伸展得最开，例如 NGC 7424 星系；SBb 型的情况介于 Sba 型和 SBc 型之间，例如 NGC 4548。

最近，棒旋星系的研究又有新进展。天文学家利用大望远镜附加 CCD 探测器和红外阵列器件，发现了一些原来利用照相方法不可见的旋棒；而且很多棒旋星系不仅有一个大尺度的主棒，还有小的次棒镶嵌在核内，平均来说，这些次棒的尺度约是主棒的七分之一。例如，飞马座棒旋星系 NGC 7479 有三个层次的棒镶嵌在核球内。在不同星系里，这些次棒相对于主棒轴向的取角不同。星系的气体很可能是通过次棒转移到核心的，而在核心那

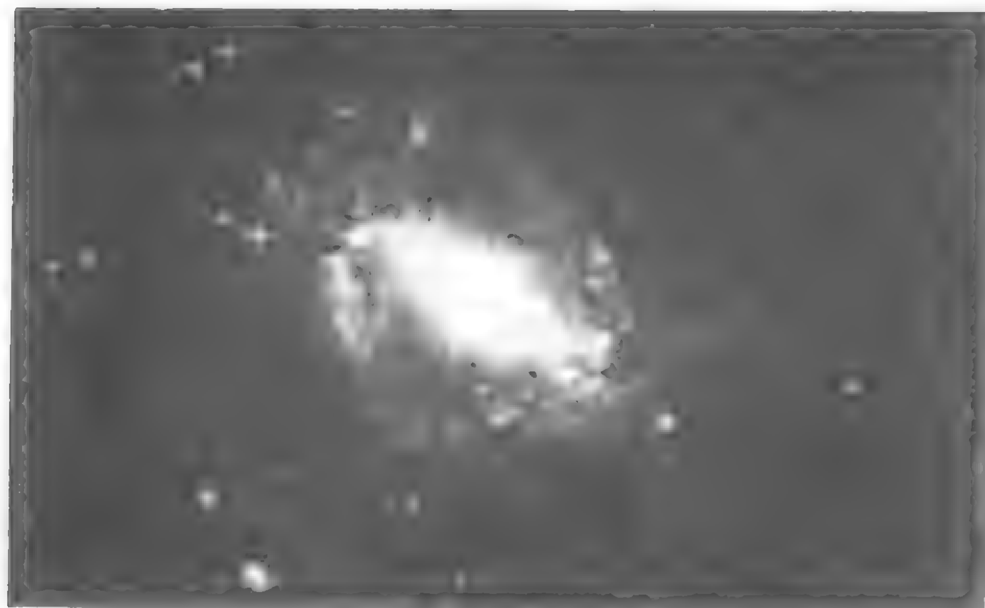


图 7.4 棒旋星系 NGC 5236

里，黑洞正等待着“吞食”星系物质和星际气体。

大多数旋棒二维椭圆图像的半短轴和半长轴之比大约为1/5，在同一个类型内，这个比率可能有些差别。不同星系旋棒长度与盘面的相对大小也相差很大。由近年的 CCD 测光发现，一般，棒旋星系中心的棒结构并不是平滑的，即有明显的“盒”状物或“花生”状结构，例如 IC 4767 的红外图像就呈现出类似花生的结构。

（4）不规则星系

不规则星系的形状很不规则，它们的形态向各个方向伸展，很可能是由于近邻星系的引力拖曳使它失去了原形，成了不规则的样子（图 7.5）。在大熊座的 M82 及 NGC 6822 都是比较典型的不规则星系。南半天球肉眼可见的大麦哲伦云、小麦哲伦云都属于不规则星系，最近还发现它们实际上是三个星系：小麦哲伦云实际上是两个星系。它们似乎是被银河系的引力撕裂成不规则的外形。值得关注的是，近期观测到大麦哲伦云内有暗弱的旋涡

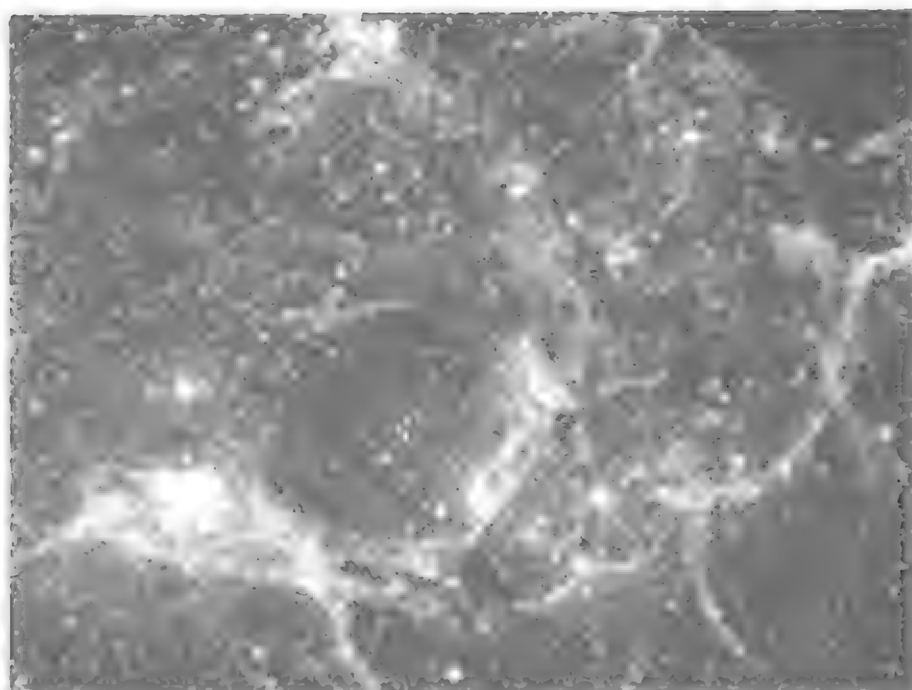


图 7.5　不规则星系——帘幕状星系，
它是船帆座超新星的遗迹

结构。

近年，随着天文观测手段的更新和空间探测的开拓，发现了大量新的遥远的河外星系。由哈勃空间望远镜上的广视野照相机获得的结果表明，宇宙中至少有 500 亿个河外星系。

2. 河外星系离我们有多远

河外星系离我们有多远？又如何去“丈量”这个距离呢？测量星系距离的途径有多条，其中之一就是我们在“变星”一节中介绍过的利用造父变星的周光关系测定星系距离的方法。20 世纪 20 年代，美国天文学家哈勃首先应用此技术测定了仙女座大星云的距离，开创了研究河外星系的新途径。这种方法原来仅限于测定近距的河外星系，哈勃空间望远镜上天后，可以观测到更

遥远星系的造父变星，于是利用这一方法可以测量更遥远的河外星系的距离。

另一条测量河外星系距离的重要途径，是利用星系退行速度和距离之间的关系即哈勃定律。哈勃在研究河外星系红移问题时发现，河外星系的距离与其视向速度之间存在线性关系，即星系的距离越远，其视向速度越大。图 7.6 给出了不同距离星系及其光谱的照片，每幅光谱照片的上下两侧给出了实验室相应的比较谱。由图可见，星系光谱中的 CaⅡ线（图中箭头所指的两条吸收线）相对比较谱显示出明显的红移，且距离越远的星系，其红移量越大，即退行速度越大。图中标出了不同星系的距离、红移视向速度的具体数值。由此得到了著名的哈勃定律（图 7.7）。

哈勃定律的数学表示式如下：设星系的红移速度（即退行视向速度）为 $V(r)$，星系离我们的距离为 r，则有：

$$V(r) = cz = H_0 r$$

式中，c 为光速，z 为红移量，H_0 叫做哈勃常数。

根据哈勃定律，即可判断星系与我们的距离。这里，哈勃常数 H_0 是个关键性的量，因为利用哈勃定律求星系的距离，关键在于哈勃常数的取值。长期以来，天文界按权威人士的研究，取 H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)。但是，年轻的科学家们从实际出发，敢于修正前人的结论。例如，以佛里德曼为代表的美国年轻科学家小组，于 1994 年利用哈勃空间望远镜观测了 M100 星系中 4 万多颗恒星，从中精选出 20 颗造父变星，记录它们的光变周期和亮度（视星等），利用周光关系得到绝对星等，由此估算出 M100 的距离为（5600±600）万光年。M100 位于室女星系团的一群旋涡星系之中，而室女星系团离银河系所在的本星系群较近，两组星系之间有较强的引力吸引，故哈勃定律不能完全适用于室女星系团。他们利用 M100 的结果，采用逐步逼近方法获得更远的后发座星系团的距离，从而求得哈勃常数为 H_0 = 80 千米/(秒·百万秒差距)；他们估计此值有 20% 的误差。这些年轻

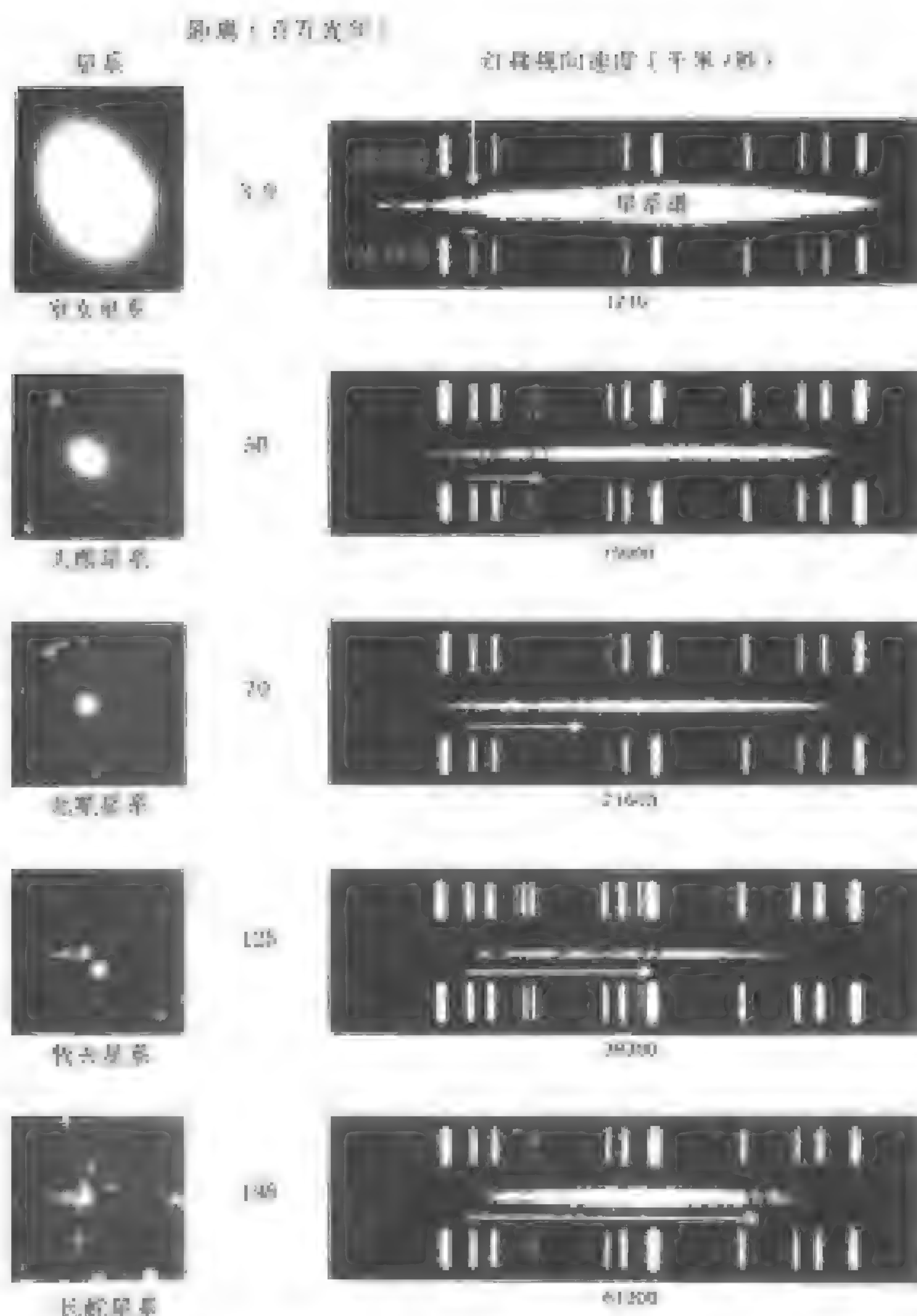


图 7.6 不同距离河外星系光谱图上显示的红移及所求出的红移视向速度

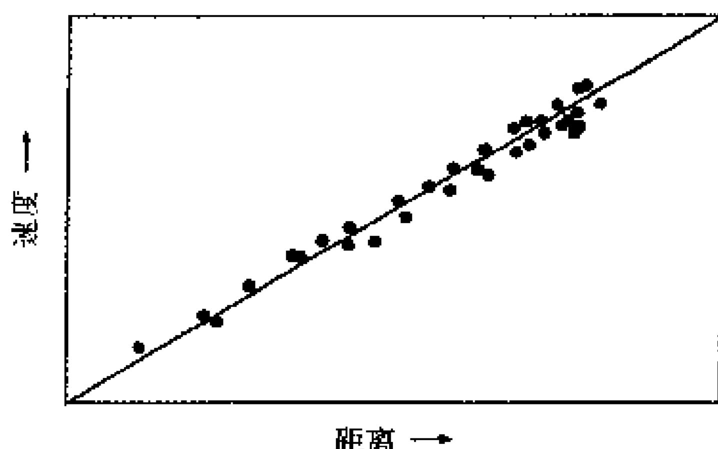


图 7.7 哈勃定律——星系红移速度与距离的关系

人的工作引起了天文界极大的震动：如果确实如此，那宇宙将改写年龄和历史（详见后文宇宙部分）。

但哈勃定律也遇到了时间延迟的问题：来自几十亿光年之外天体的光要经过几十亿年才到达我们这里，因此这种方法只能提供给我们几十亿年前的宇宙的快照，而不是现在的宇宙景象，天体在几十亿年间的演变，包括运动状况的改变是不可忽视的。

还有测定河外星系距离的其他途径。例如，观测河外星系，可以测定其角直径 α(用弧度表示)，由于它们的线直径 L 可以依据大量统计结果而获得平均值，由 $D = L/\alpha$ 我们可计算出它的距离 D。例如，利用射电望远镜观测亮星系的电离氢区（HⅡ），可以测得其角直径，它的线直径由大量观测获得的平均值可以作为已知，就可以求出这些电离氢区所在星系的距离。

天文学家在测定河外星系距离方面，一再打破发现最远星系的记录。目前，最遥远星系的记录保持者是称为 0140 + 326RD1 的星系，它的红移量 $Z = 5.34$。这是第一个红移超过 5 的星系，如果按照哈勃常数 $H_0 = 50$ 千米 /(秒 · 百万秒差距) 计算并考虑到相对论效应，它距离我们约有 186 亿光年。这个最远星系是美国一个天文小组用 10 米凯克Ⅱ望远镜发现的，由于它的质量和

光度都比银河系小，被称为蓝矮星系。一些天文学家认为，这个星系在宇宙大爆炸后 8.2 亿年就诞生了，是新发现的普通星系。但最近哈勃空间望远镜的观测结果提出了相反的证据：哈勃望远镜观测到的图像表明，蓝矮星系含有大量热的、年轻的蓝星，但令人诧异的是里面还有许多老年的红巨星。这就意味着这个蓝矮星系不是新形成的星系，而是一个经历过爆发后的星系。这些新的发现引起了天文界的极大关注和兴趣。

3. 活动星系与活动星系核

（1）活动星系

一些河外星系经常发生爆发活动，有强烈的非热辐射、物质喷流抛射等活动现象，天文学家称这种星系为活动星系或激扰星系（图7.8）。活动星系区别于普通星系的明显特点是有一个或

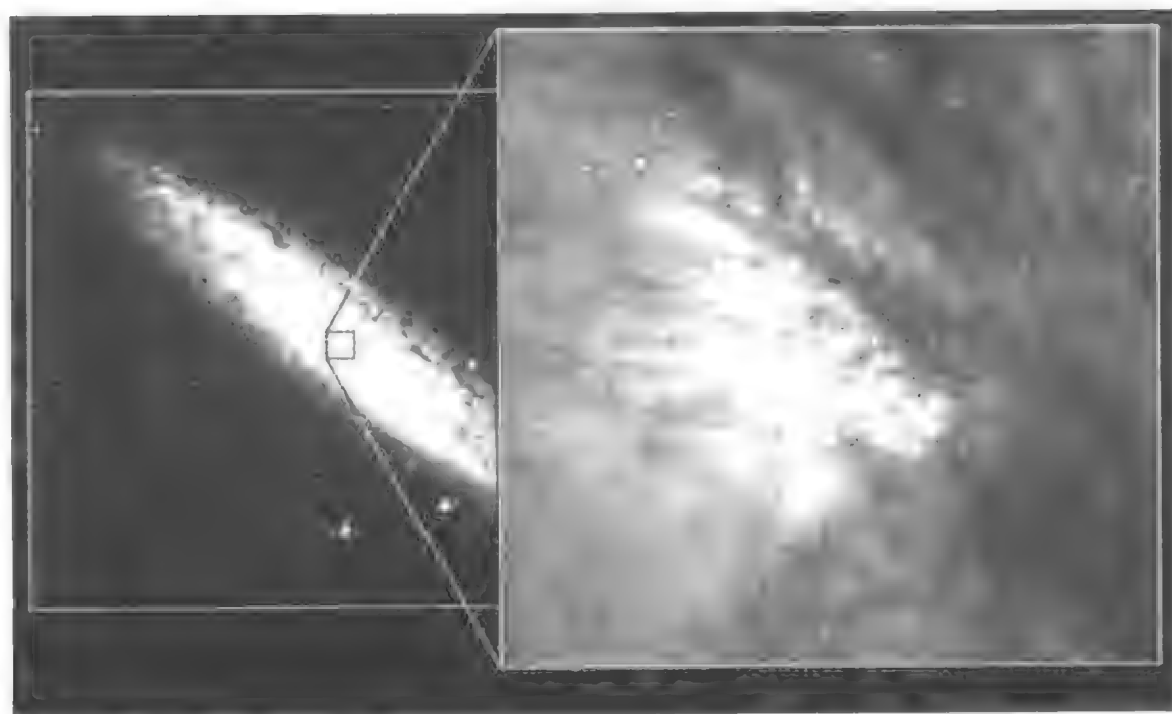


图 7.8 哈勃空间望远镜观测的活动星系 NGC 253，右为星系核的细节

两个明亮的星系核，核内有激烈的爆发活动，如常有高速的物质流抛射出来。活动星系约占总星系的百分之几，它们是今日星系科学研究的重要课题。近年来还观测到一些星系正在爆发的现象，例如星系 M87 正在爆发，抛出一股物质流，形成一道明亮的“喷流”。又如 NGC 5128 星系的图像，显示出中间有一条将星系一分为二的暗带，这可能是一场巨大的爆发后的产物。

活动星系中比较典型的类型是赛弗特星系，它因美国天文学家赛弗特于 1934 年从旋涡星系研究中首先发现它的活动而得名(图 7.9)。它们明显的观测特征是，中心有明亮的恒星状核，周围有暗弱的旋涡结构；星系核的光谱中有宽的发射线，甚至有高



图 7.9　赛弗特星系 NGC 4151。外面有旋涡结构，中心有剧烈活动的恒星状亮核

次电离谱线（如有 13 次电离的铁）；由光谱推测出这类星系物质温度很高；由谱线的红移比较大，说明核内的物质以很高的速度脱离星系核。此类星系的连续谱在几天至一年内常发生强度方面的变化，星系核有很强的紫外、红外及射电辐射。有人推测，赛弗特星系中心是具有磁场的高速旋转的大质量星体或黑洞。

大熊座的 M82 星系也是一个典型的活动星系，观测到该星系核有猛烈的爆发现象，从星系核中抛出的物质流，其速度高达 1000 千米/秒。

（2）活动星系核

早些时候，天文学家把活动星系核寄居的星系称为活动星系，但由于活动星系核的活动性很强，其本底星系的作用极小，天文学家们往往只言“核”，把这种活动星系就叫做活动星系核。活动星系核不仅指那些具有核活动的星系核心区，而且是河外天体的一大类，其主要特征为核活动（图 7.10）。

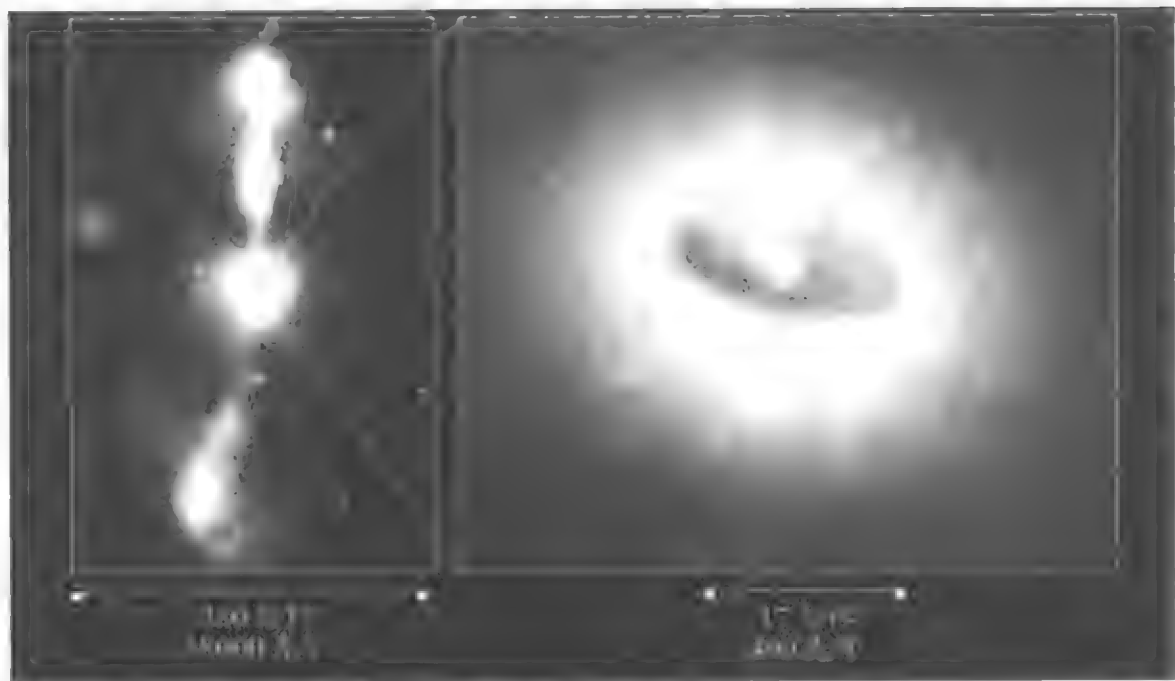


图 7.10　活动星系核 NGC 4261 的光学和射电组合图像(左)
及核心区气体和尘埃盘图像的细节(右)

活动星系核具有如下观测特征：有比正常星系更亮的致密核区；在射电、光学、X射线等波段呈现为非恒星的连续谱；光谱中有原子和离子的发射线，而且连续谱和发射线的强度、偏振和谱型随时间变化；比正常星系核发射高能光子（如X射线）的能力强等。研究表明，活动星系核的能量来源不是热核反应，但对其能源性质人们现在还没有明确的认识。典型的强活动星系核有类星体、蝎虎天体（BL Lac天体）等。活动星系核的研究是当代天体物理最受重视的热门领域之一。

活动星系核又分为许多种亚型，多达数十种。早期是根据它们的观测特性（如观测波段、光度、光谱线性质等）来命名和分类，并沿用至今。如按照射电辐射性质划分，有射电活动星系核和射电宁静活动星系核；按照光度划分，有类星体、赛弗特星系核和低电离核发射区、蝎虎天体和光学剧变类星体等。其中类星体和蝎虎天体是有重大研究意义的强活动星系核。

（3）蝎虎天体的奥秘

1929年，人们发现在蝎虎星座中有一个暗弱的天体，光度有不规则变化，其光谱只有连续谱，没有发射线和吸收线。当时认为它是变星，所以用变星的符号来命名，即称之为BL Lac。1968年，认证出它是一个点状射电源，是个河外天体，不是银河系内的变星。随后的多波段观测又发现了一批与BL Lac类似的天体，于是把它们统称为蝎虎座BL天体或简称蝎虎天体。

现已证明蝎虎天体是活动星系核，这主要依据两个观测事实。第一，某些蝎虎天体似乎是镶在星系的核心区之中；第二，用21厘米波段的射电观测蝎虎天体与地球之间的星系，它们吸收蝎虎天体的光，产生的氢吸收线红移很大，这说明蝎虎天体比这些河外星系更远。

大多数蝎虎天体是通过射电波段的巡天观测发现的。近年来，通过X射线巡天观测，使新发现的蝎虎天体总数大为增多。目前，较完整的蝎虎天体星表列有182个，其中射电测出的有

112个，X射线选出来的有70个。随着观测技术的不断改进，尤其是高灵敏X射线卫星的探测，会发现更多的蝎虎天体。

蝎虎天体的辐射，从射电到紫外波段流量逐渐减少，连续谱是一个很陡的幂率谱，即谱的强度随波长按照幂指数规律而变化。近代高信噪比、高分辨的光谱观测揭示出大多数蝎虎天体具有弱而窄的发射线，但其强度与其连续谱相比很弱。蝎虎天体的光度有剧烈变化，但没有周期性，往往在几十分钟至几周时间内亮度呈现出巨大变化。蝎虎天体最亮时比正常星系约亮1万倍。此外，蝎虎天体的光学和射电辐射都是偏振的。

今日，人们认为蝎虎天体是一种独具特色、活动特别激烈的活动星系核，核内很可能由黑洞和吸积盘及喷流组成，但它仍有许多奥秘未被揭开。

4. 类星体之谜

类星体是20世纪60年代天文学的四大发现之一，它是活动性最强的活动星系核，由于它在望远镜里看起来很类似恒星，所以天文学家把它叫做类星体；但它们不是恒星，而是遥远的河外星系。类星体是高光度的天体，它的尺度不比太阳系大，但其光度最低也与正常星系相当，而光度高的，则比正常星系高出10万倍！类星体威力巨大的产能机制，直到目前还没有被认识，但它给地球上的人们寻找地外能源带来了希望。

（1）类星体的发现

类星体的发现可追溯到50年代。第二次世界大战后，英国先进的雷达技术应用于射电天文的研究，使英国的射电天文学在世界一度领先。1950年至1959年，剑桥大学发表了3个射电源表（简称1C，2C和3C），当天文学家寻找这些射电源的光学对应体时，发现了类星体。

1960年，美国天文学家桑德齐首先在三角座找到了3C 48

(3C 表中第 48 号）的光学对应体。看起来它像一颗普通的恒星，但它的光谱很不寻常，具有宽的发射线，紫外辐射比较强，亮度还有变化；但当时对光谱中的发射线很难确认其对应元素。1962 年，哈扎德利用月掩星的机会测量了 3C 273 的位置，发现它是一个双源，中间是一个 13 等的蓝色星体，这个蓝色星体和3C 48 一样，也具有宽的发射线，然而这些发射线也无法证认。1963 年，施米特用帕洛玛山的 5 米望远镜进一步观测 3C 273，准确地测量了这些发射线的位置。他用了 6 周时间思考这些发射线究竟是什么，最后终于弄清楚它们就是氢的巴尔末线和电离氧线，只不过是向红端的方向位移了很多。天文学家用 Z 来表示红移量，当 $Z \leqslant 1$ 时，红移表达式可以写作：

$$Z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$$

式中，λ_0 为正常波长，λ 为所测红移后的波长($\lambda > \lambda_0$)。施米特测定了 3C 273 射电源的光学对应体，光谱中 4 条谱线的红移值 Z 相同，为 0.158；很快，3C 48 的红移值也被测出，$Z = 0.367$。至此，正式宣告类星体被发现。

图 7.11 给出了哈勃望远镜升空后发现的一些类星体的图像。

（2）类星体的奇异特性

虽然类星体已发现了近 40 年，天文学家从观测和理论方面已对其进行了大量研究，但至今对于它的物理本质仍然存在许多未解之谜，使它至今仍然是个“谜”天体。

首先是“红移之谜”。观测表明，类星体的红移特别大，比一般星系红移大得多。已发现的类星体中有近 10 个其红移值 Z 大于 4；红移最大的是 PC 1247 + 3406 类星体，其 $Z = 4.897$。截止到 1994 年，维隆的类星体和活动星系核表（第 6 版）中已列有 7383 颗类星体。

关于类星体的红移原因有两种看法：一种认为类星体红移与河外星系红移一样，是与宇宙膨胀相关的远离我们的退行运动引起的，这种看法称为宇宙学红移；另一种看法认为，类星体的红

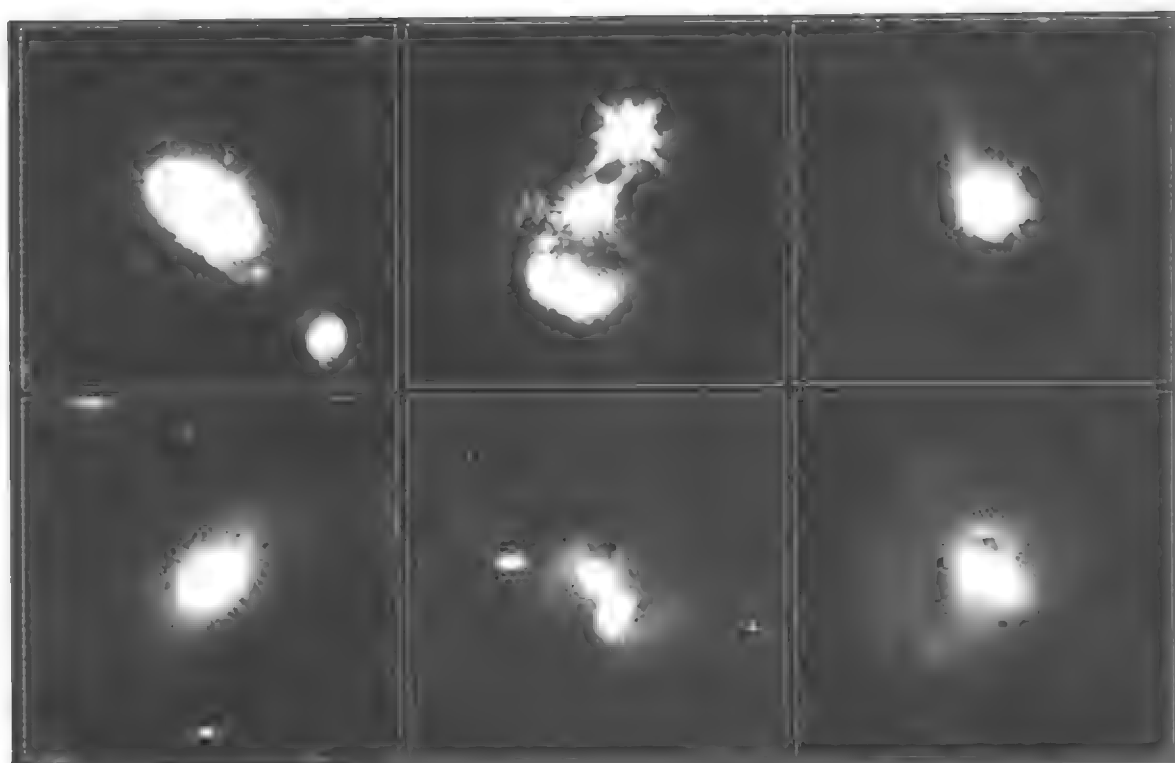


图 7.11 哈勃空间望远镜观测到的不同类星体的图像

移是其内部的物理性质决定的，称为内禀性红移。多年争论的结果，大多数人都接受宇宙学红移观点。如果类星体谱线红移的起因与星系红移相同，都是由于宇宙膨胀而退行，它们就要比普通星系远得多。最大红移类星体的宇宙距离有多远呢？严格讲不好确定。因为类星体并不很好地服从哈勃定律，不能完全套用星系的规律去计算它的距离。按照宇宙大爆炸学说，宇宙的年龄大约是 200 亿年 [取哈勃常数 $H = 50$ 千米 /(秒 · 百万秒差距)]，因此，最远天体的距离不会超过 200 亿光年。

类星体的辐射能量极大，一个类星体发出的能量相当于 1000 个银河系，这意味着类星体的产能率远超过银河系，是银河系的 1 亿倍！这就是类星体的"能源之谜"。

总起来看，类星体的观测物理特征主要有：①它们的光学星像与恒星类似。②光谱中有明显的发射线，发射线的宽度至少大

于2纳米；发射线有大的红移，高红移类星体的光谱中常伴有吸收线出现。③连续谱的能量分布为非热辐射的幂率谱形状，辐射流量 F 与频率 ν 的关系可表示为 $F(\nu) \propto \nu^{-1}$。④光度很大，绝对星等 M_v 为 $-23 \sim -30$ 等。⑤许多类星体具有光变特性，且光变没有规律，周期从几周至几个月不等。⑥大多数类星体偏振辐射的偏振度都很低，不到1%，个别的高偏振度的类星体，偏振度可达10%；光变的时标和偏振度大小之间有很强的相关性。

（3）类星体是典型的活动星系核

从观测的光谱特征上看，类星体与一些活动星系，如赛弗特星系、蝎虎座BL星系等很相似。从类星体的分布上，也发现与星系存在着成协现象，即它们彼此靠得相当近，1980年曾找到117颗类星体与星系成协有关。最近，美国天文学家欧克用5米望远镜观测到3C 48周围的暗云，测出了这些暗云具有发射线和吸收线，且其红移值与类星体相同。这也说明类星体与周围的星云或星系成协。

大量观测事实表明，类星体是活动性很强的活动星系核，那么其核心的本质是什么呢？理论研究认为，类星体的核心很可能是一个黑洞，而黑洞的周围被一层层气体包围着，我们所能观测到的来自类星体的各种辐射可能是从这些气体发出的。类星体核心黑洞核的半径可由史瓦西半径来计算，类星体的质量绝大部分都集中在这里。对于一个 $10^8 M_{\odot}$ 的类星体，黑洞的半径为 3×10^8 千米，是太阳半径（7×10^5 千米）的500倍以上。黑洞周围 $3 \times 10^8 \sim 10^{10}$ 千米之间的区域，主要辐射高能X射线和紫外光，再往外大约至 10^{14} 千米范围是稀薄的气体，它们发射可见光，我们观测到的发射线是从这里发出的，类星体的外层可延伸至 10^{18} 千米之外，主要产生射电辐射。

20世纪80年代以来，类星体的大范围巡天观测相继开展，使类星体的发现数目成倍地增加。截止到1991年，维龙编的类星体和活动星系核表中列出的类星体数目已有6225个。从宇宙

学角度来看，类星体是宇宙中最早形成的天体。因为它离我们最远，从那里发出的辐射到达地球要 100 亿年以上，我们观测到的是 100 亿年～200 亿年前它们的情况。在宇宙演化到开始形成团块天体时，是否普遍存在类星体团呢？也就是说类星体是成团的吗？这个问题至今还没有解决，等待探险路上的后来人来回答。图 7.12 给出了类星体一种可能的模型。



图 7.12　类星体的一种模型：核心区为黑洞，核周围有吸积盘，它吸积周围的星际尘埃和星际分子。活动的星系核不断向外喷射出喷流

5. 河外星系新探

(1) 星暴星系

星暴星系是一类内部正在发生极为剧烈恒星形成过程的河外星系，它们与其形态相同星系相比有更蓝更亮的核，例如NGC 253、M 82（图 7.13）和 NGC 7714。近年，美国天文学家桑德奇使用 5 米望远镜拍摄到 M 82 星系从星系核发出的气体喷流，长达 1000 光年，由此推算喷出的氢至少相当于 500 万颗普通恒星上的氢的总量。

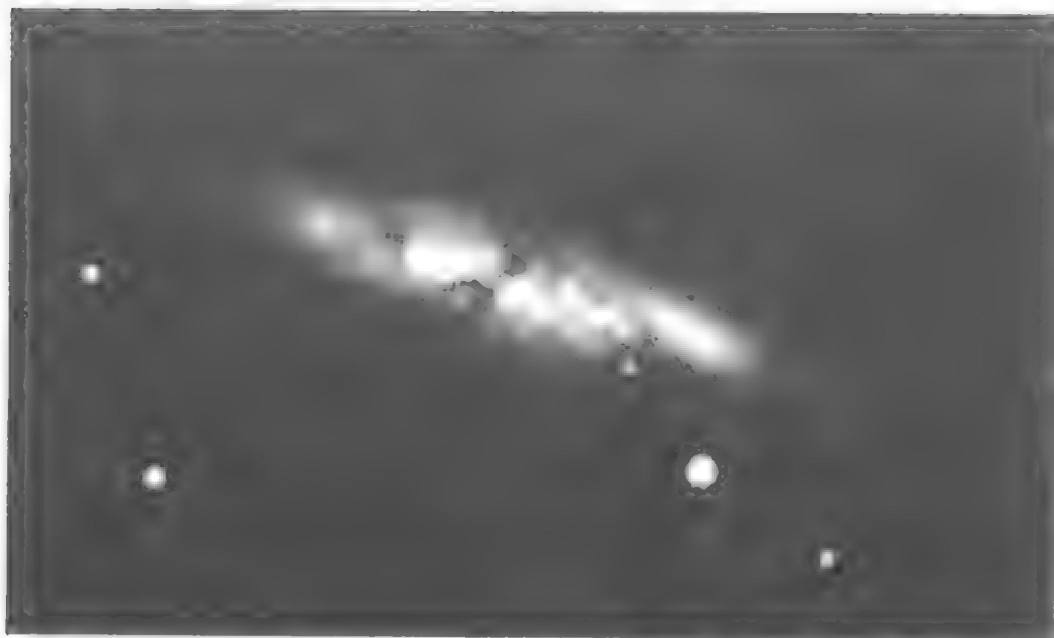


图 7.13　遥远的活动星系 M 82 正在爆发

观测研究表明，星暴星系的红外光度较高，远大于光学波段的辐射强度；核区的光度远大于星系其他部分的光度之和；光谱具有强且窄的低电离发射线等特征。由于星暴星系的质光比（M/L）很低，并且恒星的形成率很高，说明其内部正在形成大质量的恒星，而且恒星的形成过程具有爆发的特征。目前，星暴星系的爆发机制和演化过程尚有待探讨。

（2）矮星系的发现

1994年，英国天文学家伊巴塔等利用装在澳大利亚施密特望远镜终端的多通道光纤摄谱仪观测天体的光谱，发现了一个较小星系，因为它位于人马座，故称为人马座矮星系。它距离太阳系只有8万光年，还不到大麦哲伦云与太阳系距离的一半。从地球上看，它处于银河系核球的后面，因而无法直接由光学影像看到它，天文学家是根据射电观测确定那里恒星的速度不同于银河系恒星来判断的。人马座矮星系的直径约为银河系直径的1/4～1/5，只有2.8万光年，质量约为银河系的千分之一。人马座矮星系距银河系中心的距离只有5万光年，它靠我们很近，正在向着银河系下落，并将在几亿年内被银河系吞食掉。

1994年8月在仙后座方向也发现了一个新的星系，被命名为德温格鲁1号星系，根据其旋转速率推测，其质量为银河系的1/3，与M 33星系不相上下。后来在离它0.33度的地方，又发现了一个新星系——德温格鲁2号星系，它的直径为德温格鲁1号的一半，质量是它的1/10。它们都是较小的星系，故称矮星系。

1997年，英藉华人侯建德等也在银河系外围发现了两个矮星系，因尺度小，也叫微型星系，它们分别距银河系约300万光年和1300万光年。观测研究揭示，银河系附近的多数矮星系与银河系同属一个大的星系团（本星系团），在这个大家庭中所有的成员都围绕着银河系与仙女座大星云两个大星系运动。迄今在本星系团中已发现近30个与主星系一同运转的卫星系，其中多数是在90年代发现的。

（3）年轻星系的发现

哈勃望远镜最近发现，位于南天的天坛座的行星状星云（叫针状射线星云），是一个直径很小（只有0.1光年）、大约离我们18000光年的星系。它是已知最年轻的行星状星云，它的中央星不久前才使星云加热到开始发光的程度；其中心星还是颗处于短

暂演化过程的新形成的“婴儿”原恒星。能捕获到一颗处于短暂的演化过程的恒星是很不容易的，因为这一过程相对于恒星漫长的一生而言不过是一瞬间。

这个针状射线星云的哈勃图像如图 7.14 所示。从图中我们可以看到，亮的中心星位于气体环的中央，在它的左上方有一颗伴星，它们之间有引力作用的物质桥。图像还显示了环绕中心星有气环，美丽的花形气环看来正在压缩气流。这种复杂的气环形状是星系内部压缩气流、星风和喷流的相互交叉复杂运动的体现。

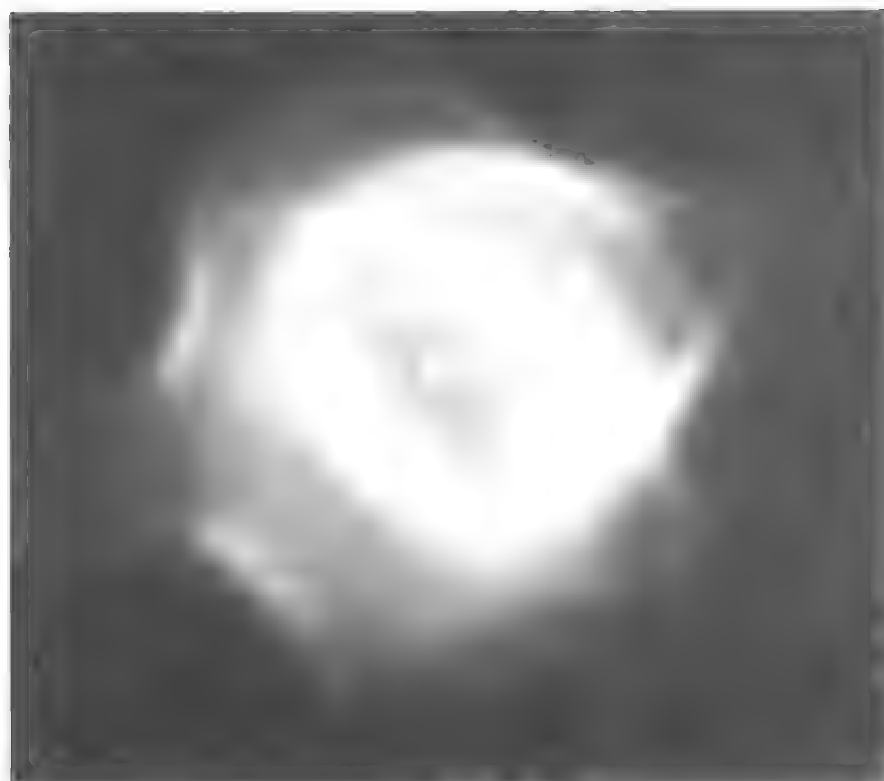


图 7.14　针状射线星云是年轻的星系

（4）星系的碰撞

1997 年 10 月 21 日，哈勃空间望远镜拍摄到距离地球 6300 万光年的河外星系图像，分析表明：在南天乌鸦座中有一对碰撞星系，NGC 4038 和 NGC 4039，它们都是旋涡星系，彼此十分

靠近，正在发生碰撞。本书彩色插页给出了这两个星系碰撞的精彩图像：两个黄色光斑是两个星系的核心；宛如节日礼花般的点点红光，是星系碰撞时形成的一个个爆发恒星；右上角插入图是地面望远镜拍摄的这两个星系的照片。在这对星系中有1000多个非常亮的星团，这些星团是蓝色的，说明聚集的都是些年轻的、质量很大的恒星。研究认为，两个旋涡星系发生碰撞后大约要经过5亿年才有可能演化成一个椭圆星系，这种碰撞涉及的范围约有几万光年。

图7.15给出了欧洲天文学家用哈勃空间望远镜观测到的星系碰撞；图7.16是电脑合成的星系碰撞与合并的图像。

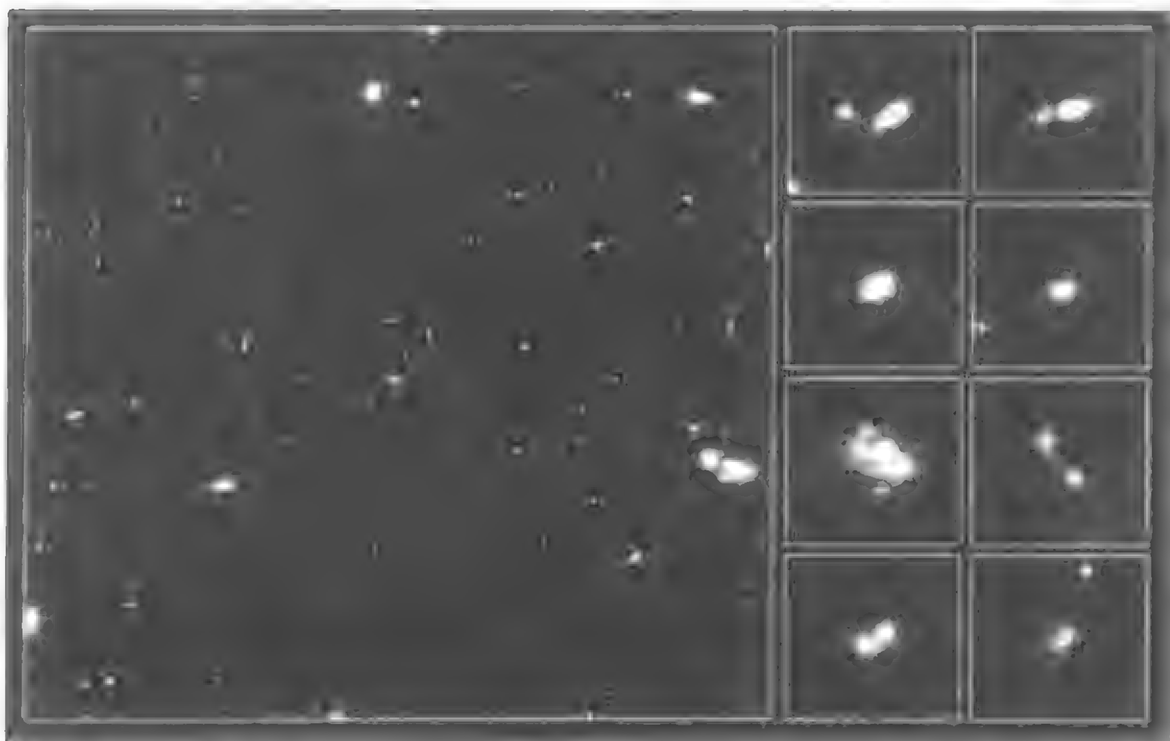


图7.15　哈勃空间望远镜观测到的星系碰撞。"哈勃"在对已知最遥远的星系团之一MS 1054-03（距地球80亿光年）的观测中，发现了13个星系碰撞的遗迹或碰撞星系对

最近的观测表明，仙女座星系（M31）正在向银河系移动，估计很可能在50亿年后与银河系相撞，并最终与银河系融为一

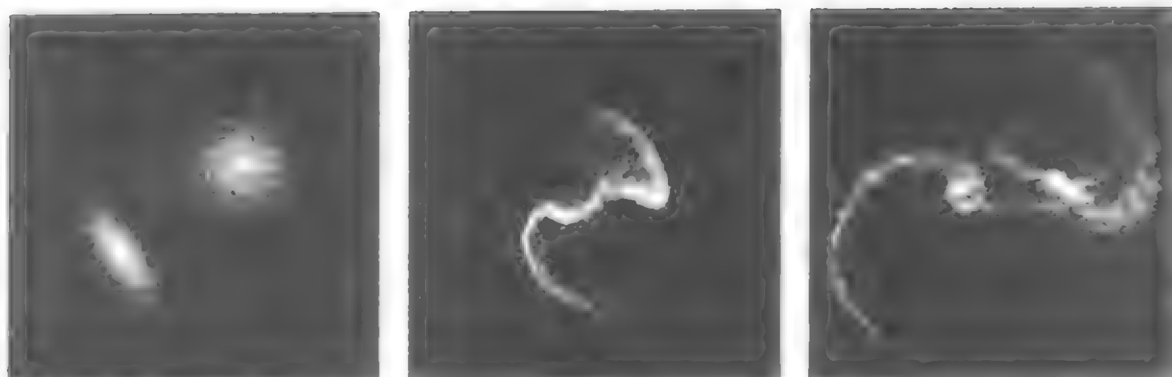


图 7.16　电脑合成的星系碰撞与合并的图像

体。虽然两个星系相撞时由于它们各自的恒星很小又相距很远，不可能撞在一起，但是一个星系的尘埃云可以穿过另一星系的尘埃云，从而使星际气体经撞击而坍缩，并在激烈的坍缩中形成百万颗新的恒星，这将会改变地球未来所处的宇宙环境。

八 震撼寰宇的高能天象

在深邃的宇宙中经常发生极其强烈、震撼寰宇的高能天体物理爆发现象——X射线暴和γ射线暴。这种高能天体物理现象集中发生在短波X射线和极短波γ射线波段。由于X射线和γ射线具有极强的穿透力，它们携带着宇宙更深层次与天体内部核心的秘密，向人们提供了重要的物理信息，因此对于探索宇宙深处的奥秘具有极为关键的作用。

1. X 射线源和 X 射线暴

所谓 X 射线源是指能发射 X 射线的天体，包括超新星、超新星的遗迹、新星、X 射线双星及类星体等（图 8.1）。

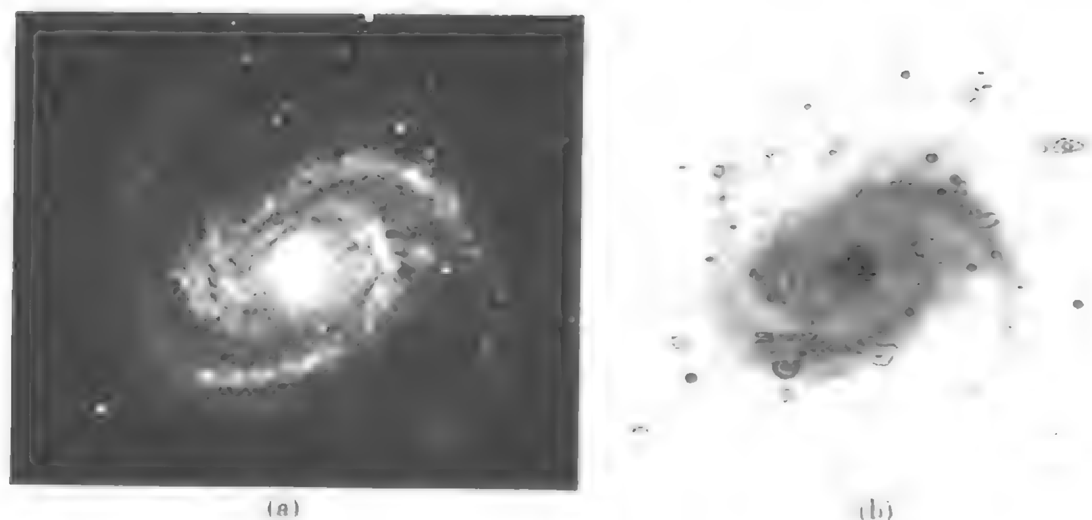


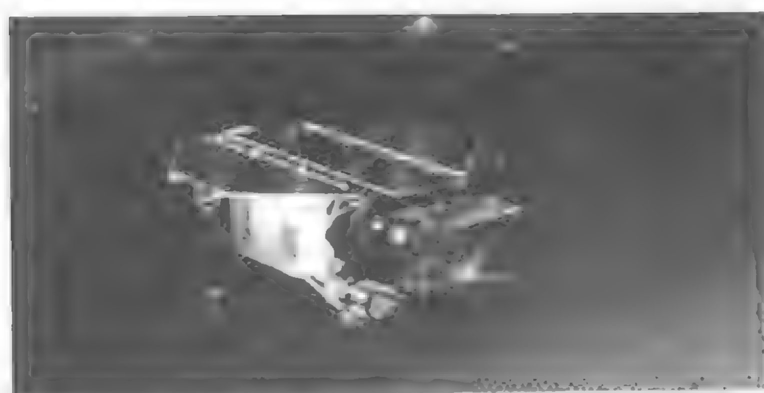
图 8.1　哈勃空间望远镜拍摄到的星系 M100 的光学图像(a)及其与 X 射线卫星探测到的 X 射线辐射图的合成图像(b)

1970 年美国发射的 X 射线卫星“乌呼鲁”和 1977～1978 年发射的探测 X 射线的卫星高能天文台 1 号（HEAO-1）及高能天文台 2 号（HEAO-2）卫星上天之后（图 8.2），在银河系内发现了 3000 多个 X 射线源，在河外星系仙女座大星云中也发现了 80 多个 X 射线源。此后，德国、美国和英国共同研制了伦琴 X 射线天文卫星（ROSAT），并于 1990 年 6 月送入地球轨道开始工作。它是以德国科学家伦琴的名字命名的。这个卫星的主要任务是对软 X 射线（X 射线量子能量为 0.1～2.0 千电子伏特）进行巡天观测。它在太空飞行了两年就发现了 10 万余个 X 射线源。目前有两个 X 射线卫星正在环绕地球飞行，即 1999 年 7 月 23 日美国发射的昌德拉 X 射线天文台与同年 12 月 10 日欧洲空间局发射的 X 射线反射镜航天器，它们正在探测宇宙射线和 X

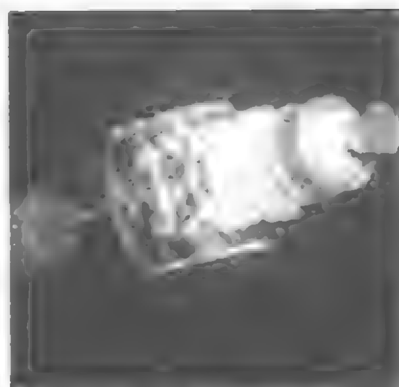
射线源（图 8.3）。



图 8.2　爱因斯坦高能天文台：1. HEAO - 1，1977.8.12 发射；2. HEAO - 2，1978.11.13 发射；3. HEAO - 3，1979.9.20 发射



(a)



(b)

图 8.3　伦琴 X 射线天文卫星(a)和昌德拉 X 射线天文台(b)

我们观测到的蟹状星云，其中心是一颗脉冲星，有强的X射线辐射。X射线源中最有意思的一类是X射线双星。著名的天鹅座X-1是X射线源中的“大红人”，天文学家对它视若至宝。因为它的两个子星中，一颗是超巨星，另一颗质量为太阳质量的5.5倍以上，不发光，而发射很强的X射线。天文学家认为它很可能是个黑洞。

1975年以来不断发现了X射线暴这种高能天象。X射线暴是指，有些天体的X射线辐射在不到1秒的时间内强度突然增强20～50倍，持续几秒至几十秒，然后又急速下降。X射线暴发生时每秒发出的X射线能量，比太阳每秒辐射的总能量大几十万倍甚至几百万倍以上。

一些天文学家由X射线暴源的观测资料和理论分析认为，X射线暴是来自由一颗中子星和一个小质量的主序星组成的双星系统。当这颗主序星的物质充满洛希体积时，其表面物质会被中子星吸积而流向中子星，并在其周围形成吸积盘。当物质流冲击吸积盘或吸积物质落向中子星时就会激发产生X射线暴。近年的空间探测表明，不只这种特殊双星会发生X射线暴，遥远的河外星系中也有很多X射线源和X射线暴源。例如，银河系的近邻，大、小麦哲伦云和一些活动性很强的活动星系（如赛弗特星系）及活动星系核，以及一些类星体，都有许多是X射线源和X射线暴源。

早在1962年就发现宇宙中还有一种来历不明、在整个空间到处都有、连成一片的X射线背景辐射。关于它们的来源问题，可能要从漫长的宇宙演化史中去找答案。

1998和1999年，美国将高能X射线天体物理设备AXAF-I（成像观测）、AXAF-S（光谱观测）由运载火箭送入空间轨道，专门进行X射线的探测。此外，欧洲研制的多镜面X射线望远镜也于1999年送人远地轨道。我国也正在研制一颗硬X射线卫星，主要探测（2～600）千电子伏特的X射线，它的成功将促

进我国高能天体物理学的发展。

2. γ 射线源与 γ 射线暴

早在 1960 年人们已用气球探测到银河系中心方向有很强的 γ 射线辐射。γ 射线是一种波长很短（$10^{-3} \sim 10^{-5}$纳米）、能量很高 $(10 \sim 30) \times 10^6$ 千电子伏特的电磁辐射，其能量比 X 射线强得多。1972 年 11 月美国发射的一颗 γ 射线卫星（SAS-2），仅运行了 7 个月就记录到 8000 多个 γ 射线事件，并发现了天鹅座 X-3是高能 γ 射线源。地面上的探测器也观测到来自天鹅座X-3 的高能 γ 射线作用在地球大气产生的次级效应——契伦科夫辐射。由于地球大气强烈吸收 γ 射线，人们在地面上接受不到天体直接发出的 γ 射线，只能观测到 γ 射线作用到地球大气后产生的次级效应。

1975 年 8 月 9 日西欧联合发射的 γ 射线天文卫星 COS-B，在 6 年的观测中记录到 10 多万个 γ 射线事件。COS-B 探测了整个银河系的 γ 射线源，发现除了一些高能 γ 射线点源和银道面弥散点源以外，在银河系高纬及银晕区有弥散的 γ 射线源。1997 年 11 月美国的科学家戴维·迪克逊等进一步对此进行了观测，并宣布找到了银河系存在的巨大 γ 射线晕。至于 γ 射线晕是如何形成的，还有待后人继续观测研究来回答。

1967 年，美国在监测核爆炸过程中发现了来自太空的 γ 射线暴，它是一种来自宇宙空间的 γ 射线短时标的突发性增强现象，爆发时强度上升非常快，在几毫秒甚至几亚毫秒（10^{-4}秒）达到最大，持续几秒、十几秒或几十秒（少数可持续几千秒）后又急速下降。γ 射线暴的光子能量高达 (1000 ~ 几万) $\times 10^6$ 千电子伏特。

射线暴有两种类型，一类叫做软重复暴，另一类叫做经典 γ 射线暴。前者爆发现象重复发生，有一颗甚至已观测到重复爆发

100余次，谱比较软（波长较长，如10^{-3}纳米），著名的1979年3月5日爆发的γ射线暴就是其中之一。这种γ射线暴源只发现了几个。绝大部分γ射线暴没有重复爆发现象，谱比较硬。

1988年，日本的银河X射线天文卫星Ginga探测到一个γ射线暴，它的持续时间极短，能量极高。这种γ射线爆发现象引起了人们的极大关注。依据能谱分析推算出其磁场强度为1.7×10^{8}特斯拉，这相当于中子星上的磁场强度。

由美国研制的以美国科学家亚瑟·康普顿命名的康普顿γ射线空间天文台（CGRO，图8.4）于1991年4月由航天飞机送入地球轨道，其上装载的BATSE可以测量遥远的γ射线暴。康普顿空间天文台发现了许多γ射线脉冲星，以及大、小麦哲伦云的弥漫高能γ射线。CGRO的探测还发现，来自宇宙的γ射线暴多得令人震惊，在1991年4月～1996年8月连续观测到1636个γ射线暴，这些γ射线暴在银道坐标系中的分布示于图8.5。这足

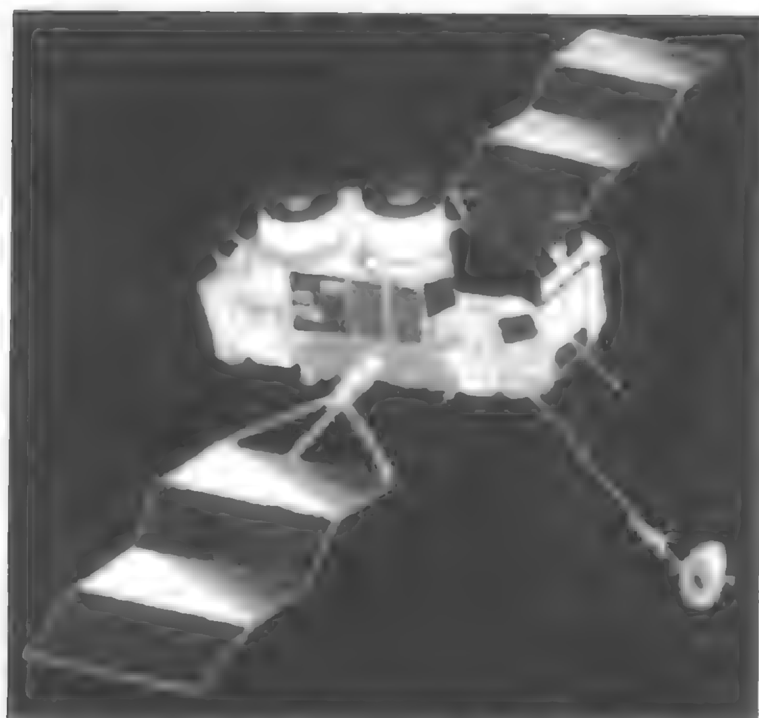


图8.4 康普顿γ射线空间天文台示意图

以说明，这些源的分布不仅限于某个区域，而几乎是各个方向都有，其强度也千变万化。这使长期未解决的γ射线暴之谜，又增加了几分神秘的色彩。1999 年 5 月 10 日记录到来自遥远的堰蜓座方向的γ射线暴，由对爆发的余辉观测到的谱线红移，推测出此γ射线暴距离我们至少有 90 亿光年。

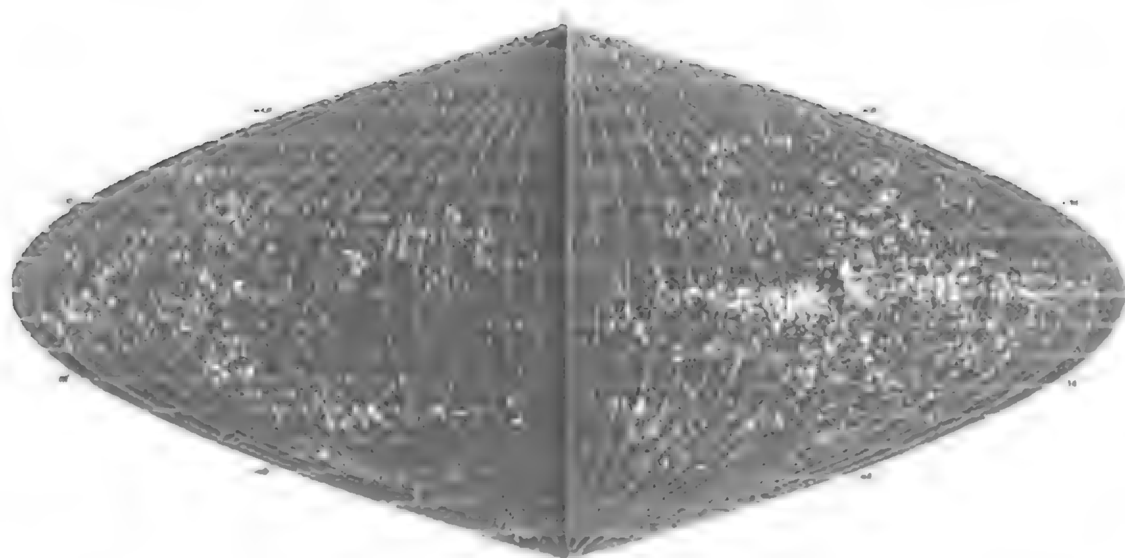


图 8.5 γ射线暴在银道坐标系中的分布

对γ射线暴之谜的研究到 1997 年又有了新的进展。1997 年 2 月 8 日，意大利 X 射线天文卫星 BeppoSAX 观测到了γ射线暴，并确定了其精确位置；8 小时之后又在该位置上发现了一个弱 X 射线源；3 月 3 日再观测，发现这个 X 射线源的强度减弱到 20 分之一，且天文学家用光学望远镜在此位置上发现了一个亮度变化很大的光学天体。与此同时，哈勃空间望远镜光学观测也发现了一个河外星系中心区有暗弱弥散的星云物质，叠加其上的是个点源，这个光学亮点就是这个 X 射线源的光学对应体。

1997 年 5 月 8 日，BeppoSAX 在鹿豹座方向也观测到了γ射线暴。当时美国的基特峰天文台和帕洛玛天文台都发现了在鹿豹座γ射线暴的同样方位上有一个光学亮点，几天后在同一天区观

测到了射电辐射，这说明它们是这个 γ 射线暴的光学和射电对应体。同期天文学家用 10 米凯克望远镜观测到了它有 0.05 星等的亮度变化，还观测到它的谱线有很大的红移，这表明此光源离我们非常遥远，来自宇宙深处。按照它的谱线红移量和射电辐射延迟到达的天数推算，这次 γ 射线暴离我们的距离有 40 亿～80 亿光年！若果真如此，它的能量将达到 10^{44} 焦耳，相当于太阳在 300 亿年内辐射的总能量。如何才能在秒量级的时间释放出这么巨大的能量？这一事实使天文界为之震惊！如果在银河内发生如此强烈的 γ 射线暴，那么它将消灭地球大气的臭氧层，破坏人类的生态环境，这将是比小行星碰撞地球更大、更严重的太空灾难。

1998 年 4 月 25 日，BeppoSAX 卫星又探测到来自望远镜星座的一个 γ 射线暴，它来自一个非常遥远的星系。在 γ 射线暴的图像上显示出：在一个小的旋涡星系的旋臂上有一颗亮的超新星（SN 1998bw），与众不同之处是在它爆发之后几天即观测到有非常强的射电辐射，而一般超新星的射电辐射在几周之后才会出现。而且，在射电波段，SN 1998bw 是以往所观测到的超新星中最亮的。天文学家推测它是一颗特大质量的恒星坍缩成的黑洞，它爆炸时产生了非常强的激波，因而形成了所观测到的 γ 射线暴。

近期，欧洲和美国正在共同研制一个新的 γ 射线望远镜（INTEGRAL），计划于 2001 年送人太空。相信届时它将带来更多的关于 γ 射线源和 γ 射线暴的信息。

九 膨胀的宇宙

浩瀚的宇宙蕴藏了无穷的奥秘，历来是人们想象力纵横驰骋的原野，它吸引了无数的科学志士为之上下求索。我们无法回到时间的源头，也看不到宇宙的尽头，但是人们由天文观测结果和积累的科学知识可以追根求源，也可以预测宇宙的未来。随着科学技术的进步，现今，人们的视野已拓宽和延伸到200亿光年，时间上已可追溯到200亿年之前，宇宙的神秘面纱正被逐渐揭开。

1. 宇宙观的变迁

自古以来，当人们凝视夜空时都会对浩瀚神奇的宇宙产生许多遐想，许多先人怀着对宇宙广阔与壮丽的敬畏和仰慕，踏上了探索宇宙的征途（图 9.1）。

我们的祖先最早开始了探索宇宙的行程。远在战国时代，尸佼就在《尸子》一书中指出："四方上下曰宇，古往今来曰宙。"意思是说：我们生活的空间为宇，不停流逝的时间为宙；宇宙就是时间和空间的总称。汉代天文学家张衡明确指出"宇之表无极，宙之端无极"，意思是讲宇宙和时间都是无限的。可见我们的祖先早就有了朴素的唯物宇宙观。他们辛勤观测日、月、星辰、彗星、流星和超新星爆发等天象，研究它们的运动规律和特性，在 3000 多年前就提出了论述天与地的关系的"盖天说"和"浑天说"。

盖天说认为天是半圆的，它扣在大地上，称为"天圆如张盖，地方如棋局"。后来盖天说进一步认为天是半圆的盖在地上，地也是半圆的，只是扁一些，像一个倒扣的盘子。浑天说以张衡为代表，他认为："浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡中黄，孤居于内，天大而地小，天表里有水，天之包地，犹壳之裹黄，天地各乘气而立，载水而浮……天转如车毂之运也，周旋无端，其形浑浑，故曰浑天也。"，意思是说：宇宙像一个圆圆的鸡蛋，地像蛋黄处在鸡蛋中间，天内充满了水，天靠气支撑着，地则浮在水面上，天像车轮一样旋转着，永不停息。

在欧洲，托勒密的地心学说凭借宗教势力统治了近 1500 年。直到 16 世纪伟大的波兰天文学家哥白尼提出了宇宙以太阳为中心的日心说，才打破了"地心说"的统治。布鲁诺积极宣传并发展了哥白尼学说，在《论无限宇宙和世界》一书中指出："宇宙是无限大的，其中的各个世界是无数的。"他认为成千上万的恒

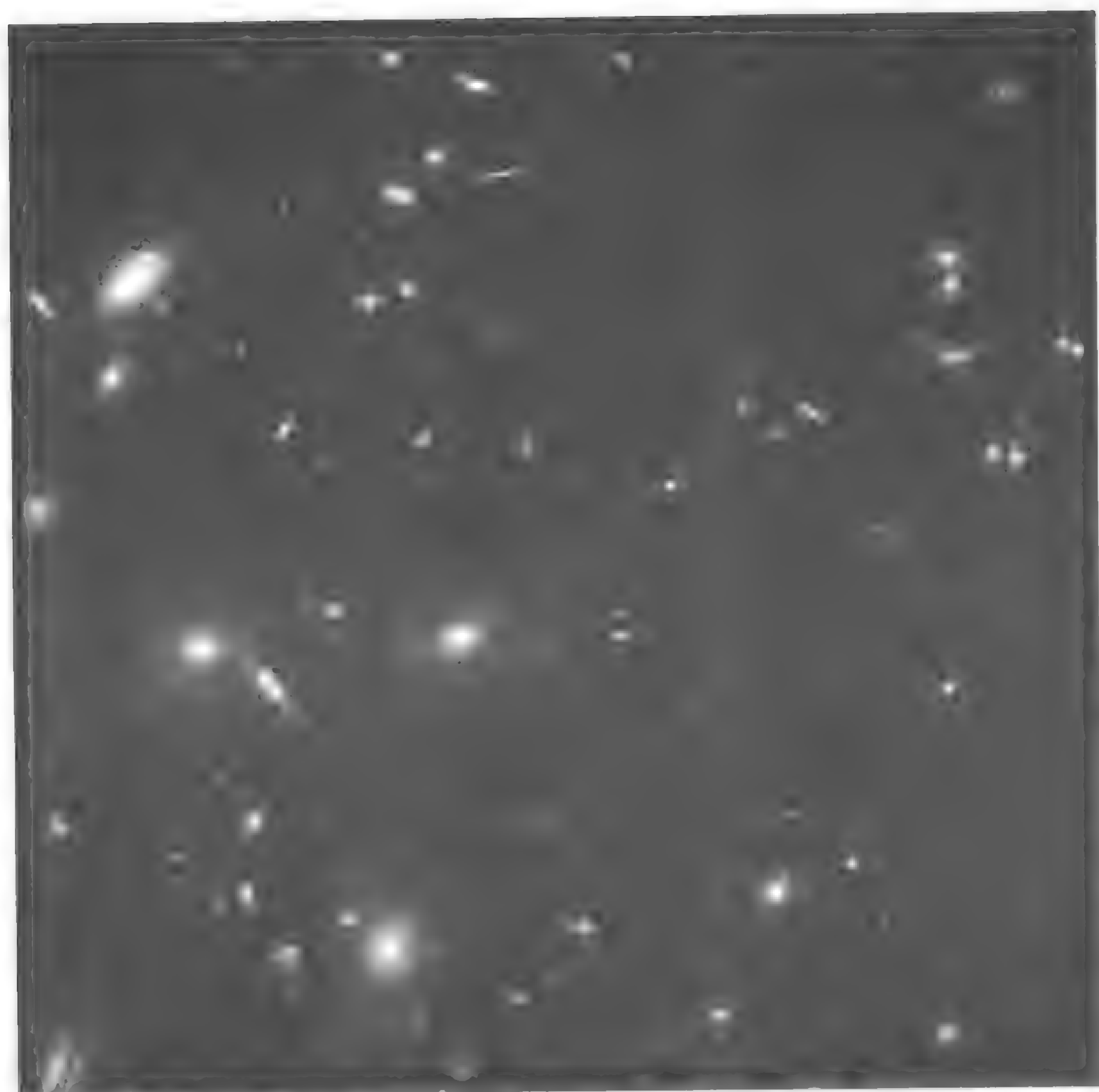


图 9.1　浩瀚的宇宙，星系的海洋（哈勃空间望远镜拍摄的宇宙深空照片）

星都是一个个遥远的太阳，太阳不是宇宙的中心而只是普通的一颗恒星。他坚持真理，遭到了教会反动势力的迫害，于 1600 年 2 月 17 日被烧死在罗马的繁花广场，为坚持正确的宇宙观献出了宝贵的生命。后来著名的天文学家开普勒总结研究了第谷留下的大量观测资料，得出了沿用至今的天体运动三大定律，这时人

们的认识从地球扩展到了整个太阳系。

1609年，意大利天文学家伽利略首先利用望远镜发现银河是由众多的恒星组成的。1686年牛顿揭示了万有引力定律。此后，发现天王星的赫歇耳对恒星进行了记数，认识到恒星密集处像一个中间突起两边薄的盘，同属一个恒星集团——银河系，太阳系位居在银河系内。至此，人们的视野从太阳系延伸到了银河系。

后来，天文学家观测到许多星云，像大麦哲伦云、小麦哲伦云等。1923年，美国天文学家哈勃用2.5米望远镜观测仙女座星云中的造父变星，利用它的光变周期与光度的关系求出仙女座星云离我们的距离是80万光年（近期的观测确定为225万光年），比银河系的直径大很多，说明它不属于银河系，而是另一个巨大的星系。此后，人们知道宇宙中还有很多像银河系一样的河外星系、星系群、星系团及超星系团等，它们可以说都是宇宙中大大小小的“岛屿”。至此，人们的认识又有了新的飞跃，从银河系拓宽到河外星系世界及宇宙的大尺度结构。

2. 从星系团、星系群到超星系团

宇宙中的星系之间存在着动力学联系，它们形成了不同的星系团结构，这是宇宙的大尺度结构的重要标志。许多相互有动力学联系的星系组成的集团叫星系团（图9.2）。我们的银河系所属的星系团叫做本星系团。20世纪70年代以来，星系团倍受天文学家的青睐和关注。目前，人们逐渐对星系团的基本性质有了认识，它们是由快速运行的星系和聚集一起的大量暗物质构成的。星系团像一个西瓜，星系如同籽粒镶于稀薄的星际物质和星际气体之中。这稀薄的气体不能以可见光的形式被见到，但由于它非常热（温度在2500K以上），以致能发出X射线辐射。

星系团是星系的系统，正如星系是恒星的系统一样。目前，



图 9.2　星系团，由欧洲南方天文台大望远镜(VLT)拍摄(1998)

已知有大约 1 万个星系团，除了室女座星系团、后发座星系团以外，还有半人马座星系团、长蛇座星系团、船帆座星系团、孔雀座星系团、船底座星系团和英仙座-双鱼座星系团等。著名的船底座星系团距离我们约有 6500 万光年，它包容了 650 个星系。后发座星系团离我们有 3 亿光年之遥，它的 X 射线图像近乎有一定规则形状，其内有少量团块。观测表明，星系团的分布是不均匀的。至于星系为什么分布不均匀，这还是个谜。

20 世纪，人们对宇宙结构又翻新了认识。50 年代，法国天

文学家沃库勒研究了1000多个亮星系的分布，发现绝大多数较亮星系都同属于一个比星系团更大的扁平集团，把它们叫做星系群，并把包含我们银河系的这个星系群称之为本星系群。银河系和仙女星系是本星系群里的两个最大的成员，目前，它们正在互相靠拢。本星系群在空间伸展的范围约1亿光年，它的中心是室女座星系团，周围有30多个星系，如大、小麦哲伦云，M 32，M 33及NGC 205等。本星系群目前正以600千米/秒的速度朝着长蛇座的方向飞驰。

近年来，除了本星系群之外，还发现由星系群组成的更大的星系团，叫做超星系团。超星系团是引力在极大范围内作用的结果，它的结构和演变与宇宙本身的结构和演化密切相关。本星系群所属的是以室女座星系团为中心的本超星系团，天文学家推测本超星系团可能有自转。50年代提出的“超星系团”理论在当时曾掀起了一场争论的风波，现代天文学家已不再争论有无超星系团大尺度结构，而是寻求理解它的形成和性质，因为哈勃空间望远镜的观测结果已为超星系团等大宇宙结构提供了大量的有力证据。哈勃望远镜的观察范围超过了几十亿光年立方的空间，发现了宇宙中成千上万的大星系团和50多个超星系团，如武仙超星系团、北冕超星系团等。近期发现的蛇夫座超星系团，距离我们地球有3.7亿光年，包容了数千个星系。有些超星系团极其庞大，例如后发超星系团，大约包含了1万个星系。

3. 大尺度结构和宇宙长城

超星系团还不是宇宙中最大尺度的群体。最近在距银河系约2亿光年的地方发现有一个巨大的重力源，叫大吸引体，它牵引着本超星系团。这个大牵引体可能是许多超星系团组成的甚大超星系团集团（图9.3)。

最近，美国哈佛-施密松天体物理中心的一个科学小组

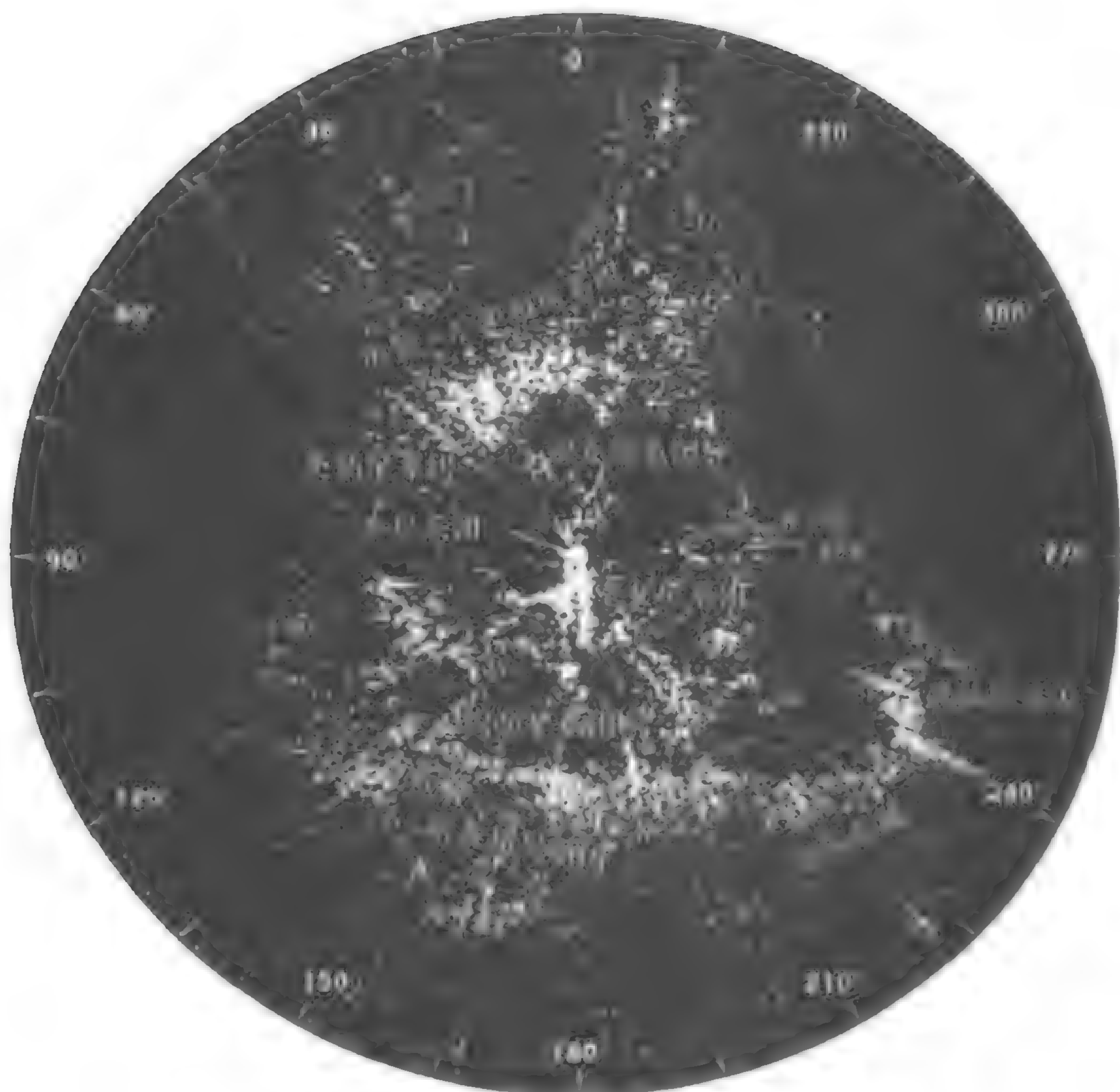


图 9.3　宇宙大尺度结构——星系团、超星系团和宇宙长城

(cfA) 的科学家们在作红移巡天观测中发现，宇宙中有气泡样的结构，即宇宙中有些天区几乎空无一物，这个天区叫宇宙空洞，这就是说宇宙存在着泡沫样的结构。

令人震惊的是“宇宙长城”的发现。1989 年，这个 cfA 科学小组巡天观测了几千个星系，发现在距地球 3 亿光年的地方有一个长约 5 亿光年、高约 2 亿光年的星系“巨壁”。这是目前已知宇宙中存在的最大的天体星系链，它们像“珍珠项链”，交叉

在浩瀚的宇宙之中，宛如巍巍壮观的长城，所以天文学家把它叫做“宇宙链”，也叫做“宇宙长城”（图 9.4）。这种壮丽的宇宙奇观激起了人们更为活跃的思想火花，也使天文界掀起了追寻宇宙大尺度结构形成和来源的热潮。

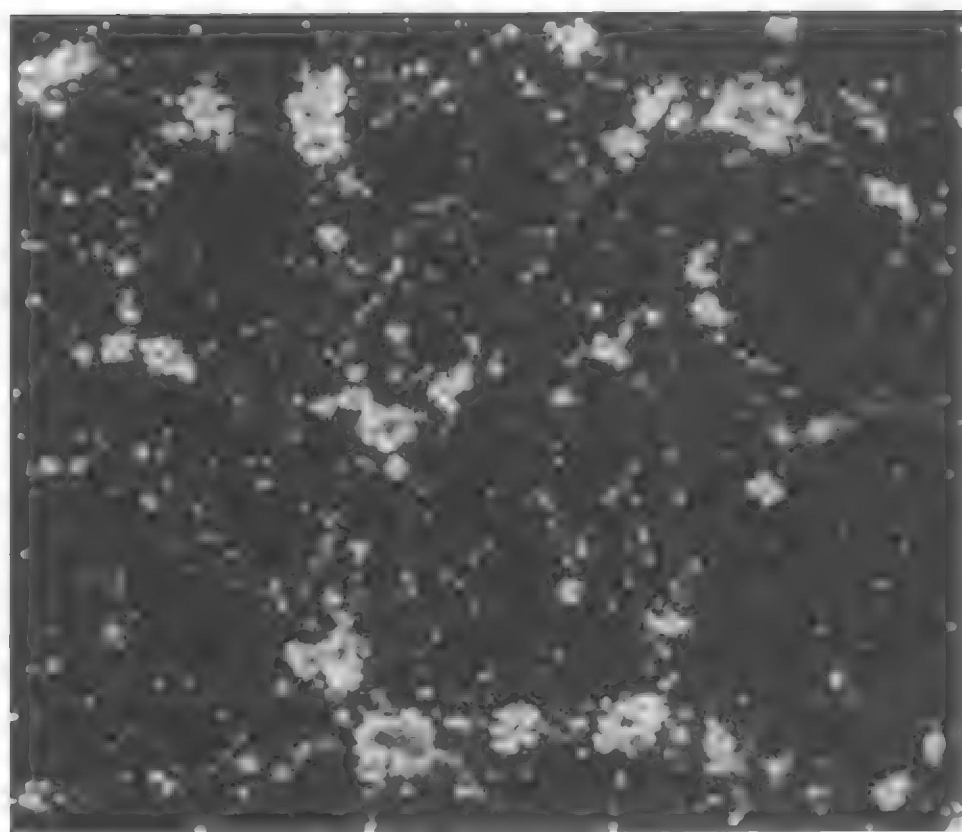


图 9.4　计算机模拟的宇宙链状结构——它像美丽的珍珠项链、又像雄伟壮观的宇宙长城

4. 神奇的爱因斯坦环——引力透镜效应

爱因斯坦曾预言，来自太空的天体光线经过太阳附近时，由于受到太阳的引力作用，会向太阳方向弯曲 1.8 角秒。果真，在 1919 年日食时，观测到太阳边缘附近的星明显地“偏离”了原来的位置，证实了广义相对论的论断。由于这种现象同光学透镜

的原理相似，所以被称为“引力透镜效应”。

引力透镜的理论基于伟大的物理学家爱因斯坦于1915年创立的广义相对论。广义相对论说明了空间和时间（即时空）怎样因大质量物体的存在而畸变，认为物质弯曲了空间，而空间的弯曲又反过来影响穿越空间物体的运动。爱因斯坦学说认为，质量使时空弯曲，时间是现实世界中的第四维参量，也被质量弯曲。可以想象时空就像一张绷紧了弹簧的床面，一块大石头放在其上床面会下沉，放的石头越多弹簧床面弯曲得越厉害。同样道理，宇宙中大质量物体将使宇宙结构受到畸变，天体的光线穿行于平坦时空区域时继续沿直线前进，而那些穿越弯曲区域（有较多重物质）的光线将发生偏折，沿着弯曲的轨迹前进。

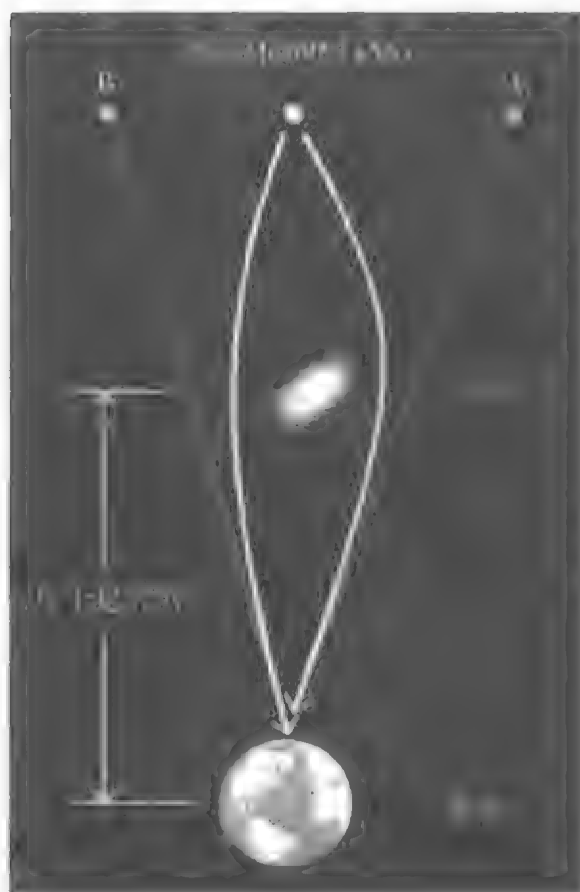


图9.5　类星体的引力透镜效应。由于引力透镜效应，遥远的类星体0957＋561被地球上的观测者见到两个星像A与B

宇宙深处引力透镜效应的事例已不断被人们揭示。早在1979年，英、美一个科学小组观测到0957＋561A和0957＋561B两个类星体彼此靠得很近，光谱非常相似，谱线的红移量都是1.405，射电流量也很相近。天文学家后来分析出，这是同一颗类星体，由于靠近它的位置有一个暗星系，此星系的引力场使类星体的光线弯曲，人们便观测到引力透镜所成的两个像（图9.5）。其

成因是，当光源不是点源而是扩展的延伸天体（如星系）时，那么当光线经过大质量吸引体时就如同经过透镜一样。通过引力透镜中心的光线不发生偏折，离开中心的便发生偏折，在某个特定距离处偏折最大，结果会产生多个像，有时还呈现出短弧状。

近年，哈勃空间望远镜观测到的宇宙深空的一些图像，明显地可以见到一些神奇的圆弧状物，它们分布在大吸引体（如大的星系、密集星系群等）的周围，是引力透镜所造成的星系像，正是爱因斯坦曾预言的那种引力透镜的"光环"，被称为"爱因斯坦环"（图 9.6）。

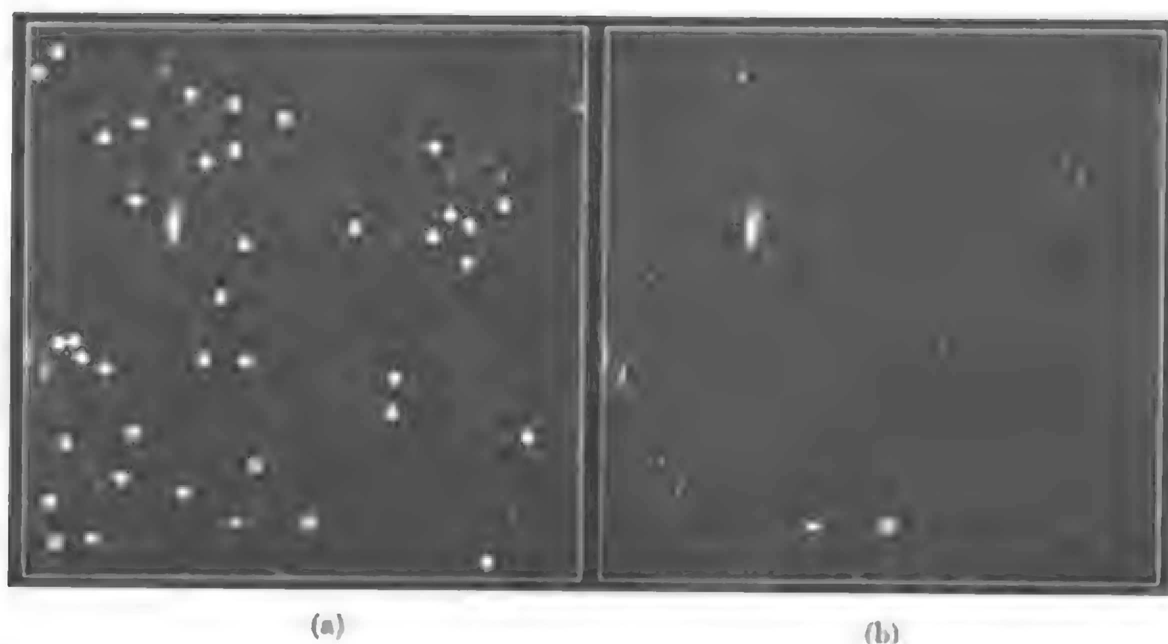


图 9.6 暗物质的观测。(a) 哈勃光学望远镜附加红外探测器可见暗物质分布（图中小四方形）；(b) 未加红外探测器时则看不见暗物质。图中可见引力透镜效应引起的爱因斯坦环（图中弯月形短弧状星系）

5. 暗物质与星际分子

宇宙中除了大大小小的天体系统，无数的弥漫的星际物质和

气体以外，还有无法估量的不可见的暗物质。这些暗物质像幽灵一样，用望远镜也看不见，让人难以捕捉。天文学家普遍认为，宇宙中90%以上的物质是冷的暗物质，并把它们分为两大类：一类可利用观测天体受暗物质影响而改变的发射特征、吸收和反射特性等，即通过研究暗物质与普通物质的相互作用来探寻其存在和特性；另一类是由看不见的中微子、夸克和一些轻粒子等组成的。暗物质是冷还是热，广延有多远，这些问题目前都还是未揭开的谜团。

随着科技的发展，探测手段的拓新，人们的认识在不同方向上腾飞。人们在对浩瀚宇宙、遥远星系、宇宙结构增进认识的同时，对微观世界的奥秘也加深了认识。当人们寻觅宇宙年轻时代的“化石”残骸，以求理解宇宙的演化时发现，将物理世界最宏大的场面与最小的微观世界统一起来，才能比较全面地认识宇宙。

中微子之谜　近年来，属于暗物质的中微子从人们的淡漠中一跃为“大红人”。太阳的中微子之谜是个长期未解决的谜团。在太阳内部核心区发生氢聚变成氦的热核反应时，会产生中微子。中微子的穿透力特别强，如果要停止一个中微子的运动，需要厚达1光年的铅板！因此，人们要捕捉住这些幽灵般的中微子是非常困难的。

20年来，在美国南达科他州某地一废井深处放置了一个大桶，里边储存着38万升全氯乙稀的纯净液体用于探测中微子：当中微子射入该液体后，将其中的一些氯转变为放射性的氩，依据记录到的氩的数量就可以推断太阳放射出多少中微子。然而，探测到的太阳的中微子比理论预计的少得多，大约只有预计的1/4。这是对太阳内部核反应理论的严重挑战。

近年来中微子的研究有了新的进展。长期以来都是假定中微子的质量为零，从而认为中微子在传播过程中没有衰变。目前，人们对这种假设提出了质疑。1994年，美国洛斯·阿拉莫斯实验



图 9.7　位于美国南达科他州地下深处的一个探测太阳中微子的设备

室的科学家，用满满一大桶矿物油和一连串的 1220 个光电管检测中微子，测定出中微子有一个微小但不为零的质量，并测定出中微子的能量在 0.5～5 电子伏特之间（1 电子伏特相当于一个质子的十亿分之一质量的能量）。在日本池野山内部深处一个正在开采的锌矿中安装着一台巨大超级探测器来探测中微子。它的不锈钢制容器中装有 5 万吨超纯水。这些水由分布在容器的壁、底板和顶棚上的 11000 个光电倍增管进行监测。这些光电倍增管记录切仑科夫闪光，此闪光标志着高能中微子与水中的原子核发生了一次很罕见的碰撞。实验已经证明中微子在飞行过程中发生衰变，从而有力地提出这种难以捉摸的中微子是有质量的。这一

新发现可以解释太阳内部产生的中微子的理论值与实测记数之间的矛盾。由于太阳内部的中微子有一些在到达探测器以前便衰变了，故而探测到的中微子比理论预计的要少得多。看来，新近的中微子实验研究，有助于解开中微子之谜和揭示暗物质的内幕。

星际分子 星际空间中除了有以原子形式存在的星际物质外，还有许多以分子形式存在的星际物质。星际分子的探索早在1930年前后就开始了，但自1963年由美国科学家威尔布等首次用射电望远镜在仙后座A方向探测到OH的分子吸收线之后，星际分子的观测研究才有了飞速发展。1965年，在人马座B2、猎户座以及W49等方向上探测到了NH_3和H_2O等分子；1969年，射电观测发现了宇宙中的有机分子甲醛（H_2CO）；1970年，又在2.6毫米波长上发现了宇宙中仅次于H_2的分布最广、最丰富的CO分子。至此人们坚信，在宇宙中确实广泛存在着各种类型的分子。70年代，特别是载有紫外望远镜的卫星上天后，终于发现了星际介质中最丰富的H_2分子。大批天文分子的被发现促成了分子天体物理学的诞生。由于星际分子广泛存在于星际云、恒星形成区、恒星包层、类星体、年轻的超新星余迹以及河外星系的星际物质中，因此它可以给我们提供大量的信息，所以，星际分子的发现被列为60年代天文学的四大发现之一。

6．宇宙诞生的大爆炸模型

（1）宇宙膨胀的证据

利用河外星系光谱中谱线的多普勒红移而得知，绝大多数河外星系正远离我们而去，即正在退行。

1929年，美国天文学家哈勃根据对星系的大量观测结果，发现河外星系的退行速度与和我们的距离有关，距离越远的星系离开我们的速度越大。如果一个星系与我们的距离是另一个星系的5倍，那么这个星系就以5倍于那个星系的速率远离我们。有

些星系团的退行速度非常大，如长蛇座星系团正以6万千米/秒的速度远离我们，根据哈勃定律可以推算出它与银河系的距离约为12亿光年。

可见，我们的宇宙像一个正在膨胀着的巨大“橡皮气球”，所有天体、星系都附着其上，随着气球的膨胀而相互远离；我们的银河系也是宇宙橡皮球上的一小部分。从越远的星系退行越快的观测事实可以得到一个推论：我们的宇宙正在膨胀。

（2）宇宙诞生的大爆炸模型

在星系红移和哈勃定律发现之后，天文学家们普遍确认宇宙正在膨胀，宇宙空间正在伸展。那么如果由此往回推测又会得到什么结论呢？显然，那就是回溯过去越久远，全部星系就靠得越近，那么必定在过去的某一时刻，宇宙中的物质都聚集在一起，密度趋于无穷大，这也许就是宇宙的开端。

1932年，比利时天文学家勒梅特基于这样的观测事实，提出原始宇宙是一个极端高温、极端压缩状态的“原始原子”，在一场无以伦比的爆炸中，诞生了我们今天的宇宙。也就是说，我们的宇宙是在整体膨胀、徐徐冷却并不断稀化的状态中诞生和演化的。

1948年，美籍苏联物理学家盖莫夫继承和发展了大爆炸学说。他依据宇宙在小尺度结构上分布不均匀，而在特大尺度上趋于均匀的事实及天体间的引力作用，提出了宇宙的大爆炸模型。此理论是建立在广义相对论的基础之上的，它指出，宇宙起始于高温、高密状态的“原始火球”，在原始火球里物质以基本粒子的形态出现，在基本粒子的相互作用下，原始火球发生了爆炸（图9.8）。这种爆炸不是物质向虚无的空间飞散，而是向四面八方均匀地膨胀，物质随膨胀而距离增大。这理论也成功地解释了星系的相互退行等，因此得到了天文界的普遍赞同。

按照宇宙大爆炸的模型，宇宙从一个致密的奇点膨胀起来，很像一个橡皮气球，它不可能是无限的，但是，宇宙没有尽头，

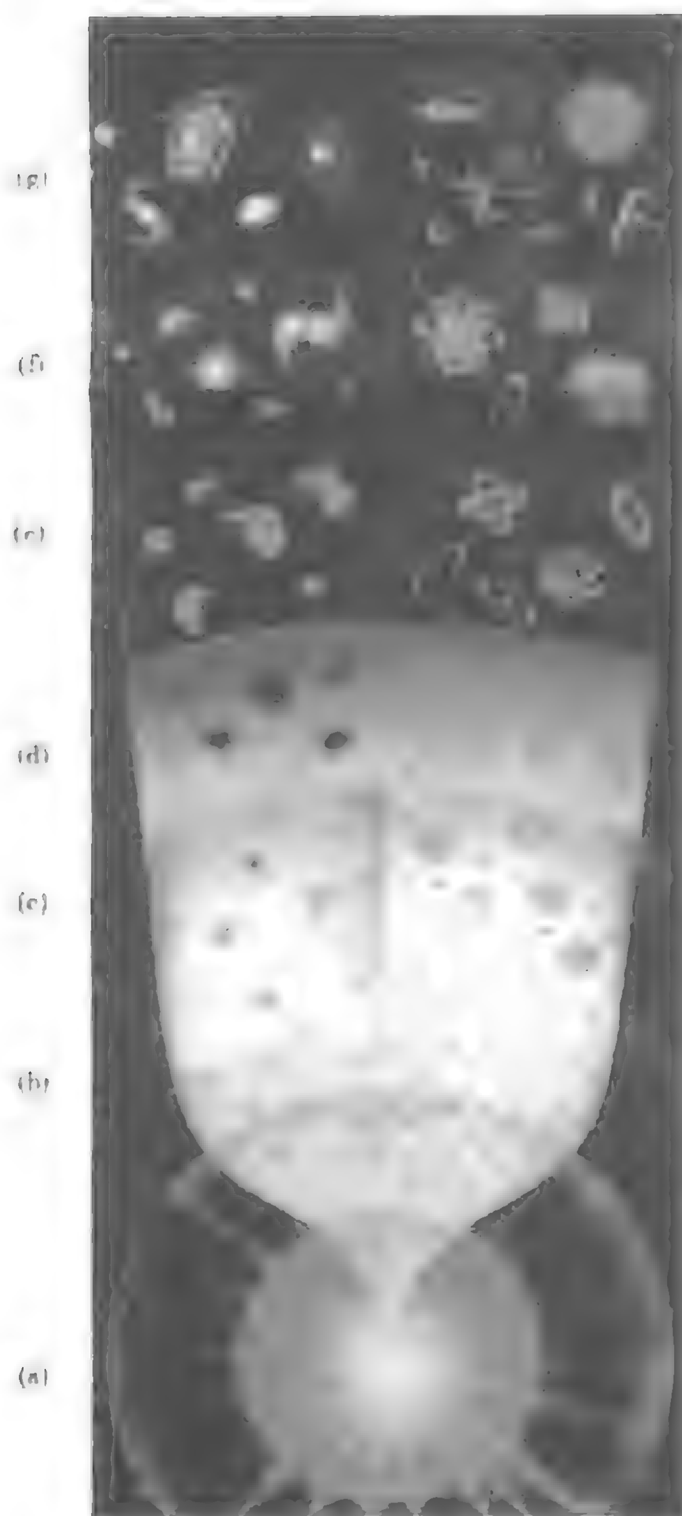


图 9.8　宇宙演化示意图。(a) 宇宙大爆炸；(b) 基本粒子形成；(c) 氢、氦、锂等轻元素形成；(d) 恒星形成与演化；(e) 星系、星系团形成；(f) 大尺度结构形成；(g) 地球生命的演进和人类的诞生

我们既找不到“天涯海角”，更找不到宇宙的边缘。正如我们沿地球向着一个方向走，找不到边缘，最后又回到了原点一样，宇宙是有限的但没有尽头的时空。

7. 暴涨理论与宇宙微波背景辐射

（1）暴涨理论与宇宙的演化

宇宙大爆炸模型有成功之处但也有不足，它没有细致说明宇宙的诞生、成长和演变的过程。80 年代，美国粒子物理学家古思和莫斯科大学的林德等提出了宇宙暴涨理论，推算了 200 亿年前宇宙那次大爆炸的情况。按照这个理论，在大爆炸后的 10^{-43} 秒（这是时间的最小量子单位），温度高达 10^{38}K，那时，物质致密的程度异常巨大，所有物质爆炸后全被压缩到一个比它们现在所占范围小数十亿倍的区域；宇宙大爆炸后一个极短的时间，从 10^{-35}秒到 10^{-33}秒，经历了一个急骤加速的暴涨阶段；然后不知什么原因，暴涨阶段终止了，宇宙开始以今天我们所见的较慢的速度膨胀（图 9.9）。

随着宇宙的膨胀，温度逐渐降低，当温度降到 10^{28}K 时，有利于基本粒子，如电子和中微子与其反粒子（如正电子和反中微子）的结合，并在结合的过程中释放能量，发射出辐射。因此，这时期，光子数量骤然增加，并形成了重子（包括质子、中子和各种超子），导致了正物质比反物质多。在爆炸后的 1/100 秒时期，宇宙还非常之热，温度还在 10^{11}K 以上，那时不存在普通的物质，整个空间充满着基本粒子，有相同数量的电子、中微子、正电子、反中微子、光子和少量的重得多的粒子，包括质子和中子以及组成暗物质的一些奇异粒子。

大爆炸后，随着宇宙胀大，其中的物质开始冷却。由于温度降低，粒子的运动也慢多了，这就使它们有可能合并成稳定原子核。由一个质子和一个中子组成的原子核是氘，也叫做重氢。一



图 9.9　宇宙演化的不同膨胀阶段

段时间以后，宇宙中的大多数中子都被纳入氘内去了。氘与质子聚合时形成氦的同位素^{3}He。再往后，当中子碰撞^{3}He 时，就产生了^{4}He。一步一步地，质子、中子和氘聚合形成了锂等轻原子核。比锂核重的原子核不能在大爆炸中被制造出来，因为在锂形成时，宇宙冷却得过多，更重的元素聚合是不可能的。所有重元

素是在晚得多的时候，在恒星核心中的高温熔炉里经过剧烈的热核反应生成的。在 10 亿年之后，星际云团在引力的作用下被压缩得足够紧密，形成了恒星、星系、星系团、超星系团。

随着宇宙的膨胀，其温度下降得很快。今天，大爆炸遗留下来并充斥在宇宙空间的星际物质已冷却到了绝对温度 2.735K，所以星际物质发出的辐射叫做 3K 辐射。

（2）宇宙微波背景辐射(3K 辐射)

60 年代天文学的四大重要发现，除了脉冲星、类星体、星际分子之外，就是宇宙微波背景 3K 辐射的发现。这一重要发现为宇宙大爆炸模型和宇宙暴涨理论提供了重要的证据。

1948 年，宇宙大爆炸理论的先驱盖莫夫曾预言，应存在宇宙大爆炸残留下的背景辐射；17 年后即 1965 年，天文学家利用射电望远镜果然发现了宇宙中存在着温度为 3K 的微波背景辐射(图 9.10)。此外，暴涨宇宙学预示宇宙背景辐射是处处一样，各向同性，即不论从哪个层次观察，看到的宇宙背景辐射景象都近似相同。近年发射的宇宙背景探测卫星（COBE）的观测结果表明，已观测到各处微波背景辐射温度只有十万分之一的极微小变化。这史无前例的科学发现证实了宇宙暴涨理论的预见，使科学家们激动不已。

8. 宇宙的演化和宇宙的未来

（1）宇宙的演化

宇宙诞生后，大尺度结构是如何形成的呢？有几种说法。第一种是“从小到大”的模式。此理论认为，在宇宙快速膨胀的同时，其内的星际物质也产生了非常小的密度起伏。这些小的密度聚集区的星际物质，后来变成了我们现在所看到的恒星、星系、星系团和大尺度结构的种子。诞生后的宇宙一直处于膨胀之中，由于引力的作用，星际物质相互吸引，有聚集成团的倾向，逐渐

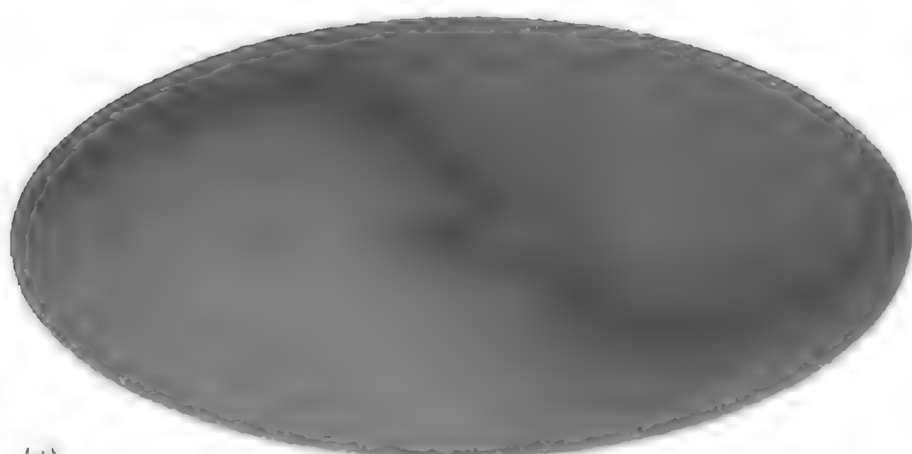






图 9.10　由 COBE 得到的宇宙 3K 背景辐射图像。(a) COBE 宇宙探测器获得的图像；(b) 从(a)所得到的微波背景图像，中部的横条是来自银河系的微波辐射；(c) 消除了银河系的辐射后所得到的宇宙背景辐射

形成了星系、星系团。较近的星系团由于引力的作用，聚集成更大的超星系团和大的吸引体。这样的演化模式也叫等级成团模式。

70年代初，苏联科学家泽多维奇提出了星系形成的“薄饼”模式。此理论认为，早期宇宙间充满了许多大而平坦的像“薄饼”状的物质扁块，这些大结构的“薄饼”上面充满了气泡，如同冬天的寒风把雪刮成雪堆，同时使有些地方没有了雪一样，在空间形成了空洞。这些“薄饼”由于互相间的碰撞和引力相互作用而裂开，最终碎裂为较小的残片，而后这些残片再演化成星系团、星系、原恒星等。这种理论也叫“由大到小”的演化模式。此理论推导出星系形成的时间太晚，有不足之处。

第三种模型是“分形近似”模型，此理论认为，在所有观测尺度上，它们看上去是一样的，如同俄罗斯的彩色套娃一样，一个套在另一个里面。宇宙结构是多层次的，从星系到星系团到超星团，都是同时形成的。

以上模型究竟正确与否，还有待进一步的观测验证，有待年轻的新秀来回答。

（2）宇宙的未来

我们生存的宇宙未来的命运如何呢？1922年由苏联数学家弗里德曼发展起来的宇宙模型阐述了这个问题。这一理论建立在爱因斯坦广义相对论方程的基础上，但没有引入宇宙常数项。由于剔除了这一常数项，弗里德曼得到的宇宙模型解是动态的，即运动着的而不是静止的。弗里德曼宇宙学理论论述了宇宙前途的三种模型：开放式宇宙模型、闭合式宇宙模型和平直式宇宙模型（图9.11）。

开放式宇宙模式认为：宇宙从大爆炸开始，一旦开始了膨胀，便不停顿地永远膨胀下去。在这个过程中，各个星球将耗尽内部的核燃料，逐渐成为白矮星、中子星和黑洞；之后黑洞遍布宇宙，黑洞吞食万物，整个宇宙变成黑暗的世界；最后黑洞也蒸

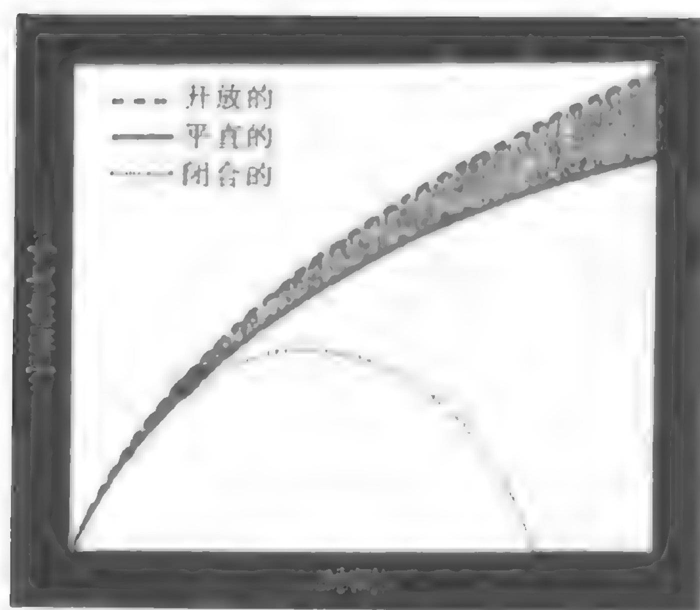


图 9.11　宇宙未来的三种命运

发，组成的基本粒子也会衰变，宇宙由此变成了一个混沌世界。

闭合式模式与之相反，认为宇宙膨胀后由于自身的引力作用，到一定程度后转而逐渐收缩。随着宇宙的逐渐收缩，整个宇宙的温度升高，星球不断“火并”，最后形成一个大黑洞，最终又缩回到原来的状态。至于会不会再爆炸产生第二代宇宙呢？这有待未来的天文学家来回答。

平直式宇宙模式介于上述两种情形之间，它认为大爆炸之后宇宙暴涨；随后膨胀逐渐减慢，然后又收缩，再往后不停地膨胀、收缩，总是在坍缩的边缘来回摇摆、震荡，永无休止。

宇宙学家认为，宇宙的最后结局是从开始就决定了的，它取决于宇宙的总体密度，即一个被称为 Ω_0 的值。平直宇宙模式中，$\Omega_0 = 1$，开放宇宙模式中 $\Omega_0 < 1$，封闭式宇宙模式中，$\Omega_0 > 1$。现代大多理论家倾向认为 $\Omega_0 = 1$。

上述模式究竟哪一种符合客观实际呢，至今尚无定论。从近年测定宇宙中的氘含量来推算，宇宙应当是开放的更合理些，即宇宙将无休止地膨胀下去。依据遥远星系和类星休所统计的减速

情况来看，虽然对宇宙是闭合的模型有利，但是由于没有考虑宇宙中的暗物质，也不能令人置信。从观测和理论研究的总体来看，一般是有利于开放式与平直式模型。

9. 宇宙的年龄

天文学家认为，现在的宇宙年龄在150～200亿年，这与人类的历史或地质年代相比，是那样地悠长，在漫漫的宇宙演化历程中才刚刚迈出了几步。

人们是如何推算宇宙年龄的呢？从发现星系退行现象以后，天文学家便开始了测定宇宙年龄的工作。多年来，有好多个天文小组在用不同的方法估计宇宙的年龄，测定结果明显地不同，从80亿年至200亿年不等。因此，研究人员常常要对测定方法进行检验。在哈勃空间望远镜发射以前，天文学家经常用造父变星方法测定邻近星系的距离，此外，用较亮的超新星在爆发后的一定时间标度的光度作为标准烛光（绝对星等是一定值）。哈勃望远镜的观测使测定遥远星系中的造父变星成为可能，如此可以测定遥远星系的距离。

天文学家普遍认为，在估计宇宙的年龄时首先需要求得哈勃常数，因为哈勃常数是表明星系退行速度随距离而变的速率。其次，宇宙年龄有赖于所考虑的宇宙模型是开放式还是闭合式或者是平直式的，宇宙常数是否为零等。有了这两个前提，我们才能确定若宇宙按现在的速率膨胀的话，其年龄将是多少。如果空间是平直的，则哈勃常数与宇宙年龄的关系最简单，两者成反比。因此，对于平直宇宙学来说，一旦测出了哈勃常数，只需取其数学倒数便直接知道宇宙年龄了。

但是近年来，美国天文学家桑德奇测定的哈勃常数值受到了挑战。前已述及，以弗里德曼为首的一些美国年轻科学家发展了一个估计哈勃常数的新方法，他们得出哈勃常数之值 H_0 =

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值 [H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0=50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80~120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0=87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒 · 百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒 · 百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒・百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒・百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒・百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80~120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿~160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)， 其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距), 比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多, 从而所得宇宙年龄之值要小得多: 从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距), 其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年, 这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾, 因为按照常理, 恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此, 一些科学家提出了有趣的解释: ①在我们宇宙创生以前, 有过另一次大爆炸, 现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物, 即存在着多个宇宙, 多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的, 两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年, 平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现, 只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零, 推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然, 关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄, 一些理论工作者试图修改标准宇宙模型, 有人建议恢复宇宙常数项, 少数人主张完全抛弃大爆炸模型 (或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境, 还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩, 它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境, 沿着螺旋式的阶梯上升, 每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人, 才有可能到达光辉的顶峰, 愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)， 其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A（此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项）不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 Λ(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论)。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒 · 百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米 /(秒 · 百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米 /(秒 · 百万秒差距)] 要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80 ~ 120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87 ± 7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿 ~ 160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项) 不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系 NGC 4571 内的 3 颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80～120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 H_0 = 87±7 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿～160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸 ②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80～120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿～160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80 ± 17 千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[$H_0 = 50$ 千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为 80~120 亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值 $H_0 = 87 \pm 7$ 千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为 150 亿~160 亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数 A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。

80±17千米/(秒·百万秒差距)，比桑德奇的值[H_0 = 50千米/(秒·百万秒差距)]要大得多，从而所得宇宙年龄之值要小得多：从宇宙大爆炸算起的宇宙年龄为80~120亿年。美国基特峰天文台的皮尔斯等由观测室女星系团中旋涡星系NGC 4571内的3颗造父变星的光变求得哈勃常数之值H_0 = 87±7千米/(秒·百万秒差距)，其结果与弗里德曼等人的推论一样。由于已知最老的恒星的年龄为150亿~160亿年，这就出现了年轻的宇宙与老龄的恒星的矛盾，因为按照常理，恒星不可能在宇宙诞生之前出现。

对此，一些科学家提出了有趣的解释：①在我们宇宙创生以前，有过另一次大爆炸，现在观测到的一些老年星是那次大爆炸的产物，即存在着多个宇宙，多次大爆炸。②宇宙大爆炸是随机的，两次大爆炸之间的平均时间间隔可能达几十亿年，平均空间距离可能达几十亿光年。③印度天文学家辛格的理论研究发现，只要宇宙常数A(此常数指爱因斯坦的广义相对论方程式中的宇宙常数项)不为零，推测出的宇宙实际年龄就比我们由现代观测得到的年龄大得多。

当然，关于宇宙的年龄还有待于精确计算特别是需要更多的例证。为了正确估算宇宙年龄，一些理论工作者试图修改标准宇宙模型，有人建议恢复宇宙常数项，少数人主张完全抛弃大爆炸模型（或广义相对论）。

要走出解决宇宙年龄问题的窘境，还需要详细了解大尺度宇宙结构的空间分布。宇宙的结构多种多样、丰富多彩，它蕴藏了极其深刻的内涵和无穷的奥秘。

人类对真理的追求永无止境，沿着螺旋式的阶梯上升，每走一步都要付出艰辛的劳动。只有那不畏艰险、努力攀登的人，才有可能到达光辉的顶峰，愿年轻的后来者在攀登科学高峰的征程上不断取得丰硕的成果。